

(19)

Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 1 367 664 A2**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
03.12.2003 Patentblatt 2003/49

(51) Int Cl.7: **H01M 8/02**, B29C 45/40,  
B29C 45/28

(21) Anmeldenummer: 03008343.0

(22) Anmeldetag: 10.04.2003

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR**  
**HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK**

(72) Erfinder:  
• **Müller, Alwin**  
97084 Würzburg (DE)  
• **Von Ganski, Albin**  
86647 Buttenwiesen (DE)  
• **Hagenbach, Thomas**  
4051 Basel (CH)

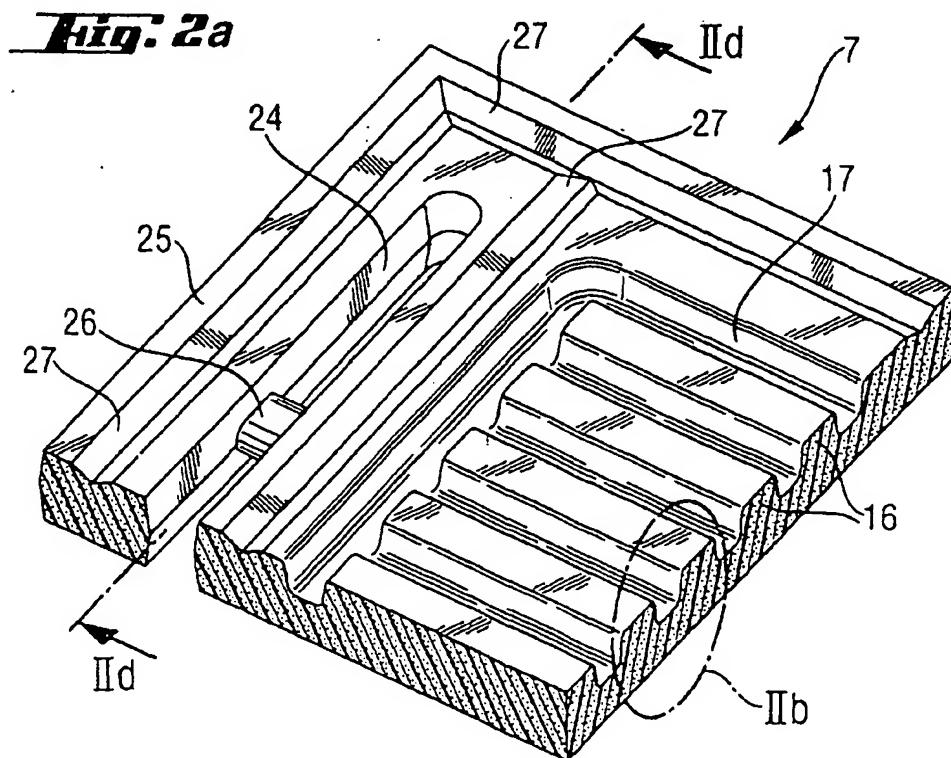
(30) Priorität: 14.04.2002 DE 10216306

(71) Anmelder: **SGL CARBON AG**  
65203 Wiesbaden (DE)

(54) **Bipolarplatte für eine elektrochemische Zelle**

(57) Eine Kontaktplatte (7) für elektrochemische Zellen (1) aus einem Graphit-Thermoplast-Verbundwerkstoff mit einem massebezogenen Graphitanteil von mindestens 80 %, enthaltend für den Transport der Reaktionsmedien (17, 24) und die elektrische Kontaktierung der Elektroden (2,3) nötige Funktionselemente (16) weist eine solche fließtechnische Auslegung auf,

dass sie ohne Nachbearbeitung im Spritzgussverfahren hergestellt werden kann. Die Herstellung von die Kontaktplatte umgebenden Randbereichen aus nicht leitfähigem Material (43) und Dichtungen (48,50) kann mittels Mehrkomponententechnik in den Spritzgussprozess integriert werden, so dass die gesamte Platte einschließlich des Randbereiches (43) und der Dichtungen (48,50) in einem Spritzgusswerkzeug gefertigt wird.

**EP 1 367 664 A2**

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Kontaktplatte für elektrochemische Zellen.

[0002] Die Erfindung betrifft eine Kontaktplatte aus einem Graphit-Kunststoff-Verbundwerkstoff (Composit) für elektrochemische Zellen, insbesondere Brennstoffzellen. Die Kontaktplatte mit der für den Transport der Reaktionsmedien und die elektrische Kontaktierung der Elektroden nötigen Strukturen, optional mit einer Dichtung oder einem Randbereich und einer Dichtung aus nicht leitfähigem Kunststoff, ist so ausgebildet, dass sie im Spritzgussverfahren herstellbar ist.

[0003] Brennstoffzellen sind Vorrichtungen zur direkten Umwandlung chemischer in elektrische Energie. Eine einzelne Brennstoffzelle 1 (siehe Figur 1) besteht aus zwei Elektroden Anode 2 und Kathode 3, die durch eine Elektrolytschicht, z.B. eine protonenleitende Polymer-Membran 4 räumlich voneinander getrennt sind. Anode 2, Kathode 3 und Membran 4 bilden zusammen eine Membran-Elektroden-Einheit (MEA) 5. An der Anode erfolgt die elektrochemische Oxidation eines Brennstoffs, z.B. Wasserstoff oder Methanol. Die dabei freigesetzten Elektronen fließen über einen äußeren Stromkreis zur Kathode. Hier wird unter Aufnahme der Elektronen ein Oxidationsmittel, z.B. Sauerstoff, reduziert. Die Grenzflächen zwischen Elektrode und Elektrolyt werden mit Katalysatoren 6, die eine Beschleunigung der Elektrodenreaktionen bewirken, belegt.

[0004] Für praktische Anwendungen wird häufig eine Vielzahl von Brennstoffzellen in einem Zellenstapel ("stack") kombiniert, um die benötigte Leistungsangabe zu erreichen. Die auf- bzw. hintereinander gestapelten Zellen werden durch Längsschraubungen (in Figur 1 nicht dargestellt) zusammen gehalten. Vor der ersten und nach der letzten Zelle wird der "stack" durch Endplatten abgeschlossen.

[0005] Üblicherweise sind die Zellen innerhalb eines "stacks" elektrisch in Serie, bezüglich der Medienführung jedoch parallel geschaltet. Den elektrischen Kontakt zwischen den aufeinanderfolgenden Zellen stellen Bipolarplatten (BPP) 7 her. Die Zu- und Abfuhr der Reaktionsmedien erfolgt über Transportwege, die den "stack" in Stapelrichtung durchqueren, d.h. in den aufeinander folgenden BPP 7 und MEA 5 sind fluchtende Durchbrüche für die Brennstoffzufuhr 8 und die Brennstoffabfuhr 9 sowie für die Oxidationsmittelzufuhr 10 und die Oxidationsmittelabfuhr 11 vorgesehen.

[0006] Zur Versorgung der einzelnen Elektroden mit den Reaktionsmedien sind in den Oberflächen der BPP 7 Verteilstrukturen mit Strömungswegen 17, z.B. Kanäle, eingelassen.

[0007] Die Medienverteilstruktur 12 auf der Anodenseite der BPP 7 dient zur Verteilung des Brennstoffs über die Fläche der Anode 2, die Medienverteilstruktur 13 auf der Kathodenseite zur Verteilung des Oxidationsmittels über die Fläche der Kathode 3. Die Medienverteilstrukturen 12, 13 sind über Einlässe 15 und Auslässe

1.4 mit den entsprechenden Medienzufuhrwegen 8, 10 und Medienabfuhrwegen 9, 11 verbunden. Hervorstehenden Elemente 16, z.B. Stege auf der BPP-Oberfläche stellen den elektronischen Kontakt zur jeweils angrenzenden Elektrode her. Die Struktur der Plattenoberfläche hat somit zwei Aufgaben zu erfüllen: Verteilung des Reaktionsmediums und elektrische Kontaktierung der angrenzenden Elektrode, und wird daher im folgenden auch als Kontakt- und Verteilstruktur bezeichnet.

[0008] Die Vermischung der verschiedenen Reaktionsmedien muss verhindert werden. Dazu wird die Anodenseite A jeder BPP 7 gegen den Oxidationsmittelzufuhrweg 10 und den Oxidationsmittelabfuhrweg 11 und die Kathodenseite K gegen den Brennstoffzufuhrweg 8 und den Brennstoffabfuhrweg 9 abgedichtet. Für die Aufnahme der Dichtungen werden in der Plattenoberfläche Nuten ausgespart (vgl. Figuren 2a und 2d). Die BPP 7 kann als Kombination aus einer anodenseitigen Platte 7a und einer kathodenseitigen Platte 7b aufgebaut werden. Die aneinandergrenzenden Flächen der beiden Teil-Bipolarplatten 7a und 7b können eine Kühlmittelverteilstruktur umschließen (in Figur 1 nicht dargestellt). Diese Ausführung wird im folgenden als Kühlplattenverbund bezeichnet. Für die Zufuhr und Abfuhr des Kühlmittels sind weitere den "stack" durchquerende Transportwege vorzusehen, und die Transportwege des Kühlmittels und der Reaktionsmedien müssen ebenfalls gegeneinander abgedichtet werden.

[0009] Endplatten, Bipolarplatten und Platten mit Kühlmittelverteilerstruktur (Kühlplatten) werden im folgenden unter der Bezeichnung Kontaktplatten für elektrochemische Zellen zusammengefasst.

[0010] Aus der komplexen Funktion der Kontaktplatten resultieren hohe Anforderungen an das verwendete Material: elektrische Leitfähigkeit, Undurchlässigkeit für die Reaktionsmedien (Funktion als Separator), thermische und mechanische Stabilität unter den Betriebsbedingungen der Brennstoffzelle (für Polymermembranbrennstoffzellen bis 120 °C), chemische Beständigkeit gegenüber den Reaktionsmedien und Korrosionsbeständigkeit. Außerdem muss das Material für die Herstellung der komplizierten Strömungsstrukturen leicht form- und verarbeitbar sein. Geeignete Materialien sind u.a. Graphit-Kunststoff-Verbundwerkstoffe, d.h. in sehr hohem Grad mit leitfähigen Graphit- oder Kohlenstoff-Partikeln gefüllte Kunststoffe. Konventionell werden diese Verbundwerkstoffe bei erhöhtem Druck und erhöhter Temperatur zu Plattenrohlingen verpresst und in einem zweiten Arbeitsgang beispielsweise durch CNC-Fräsen mit der Medienverteilstruktur versehen. Mittels eines entsprechend geformten Presswerkzeugs können auch in einem Arbeitsgang strukturierte Platten hergestellt werden. Jedoch sind bei diesen Verfahren die Zykluszeiten relativ lang.

[0011] Um Zykluszeit und Stückkosten zu senken, ist ein Herstellverfahren nötig, das sich für die automatisierte Massenproduktion eignet, z.B. das Spritzgussverfahren. Dieses Verfahren für die Herstellung

von Kontaktplatten für elektrochemische Zellen aus Graphit-Kunststoff-Verbundwerkstoffen zu adaptieren ist jedoch schwierig, da wegen des hohen Masseanteils des Füllstoffs (>70 %) die Fließfähigkeit dieser Verbundwerkstoffe erheblich geringer ist als bei ungefüllten oder niedrig gefüllten Kunststoffen. Es wurde daher versucht, einerseits die Materialeigenschaften der Verbundwerkstoffe besser an die Anforderungen des Spritzgussverfahrens anzupassen und andererseits die Verfahrenstechnik entsprechend den Eigenschaften der Verbundwerkstoffe zu modifizieren. Materialeitige Optimierungen sind u.a. der Einsatz besonders niedrigviskoser Thermoplaste, z.B. LCP (US-A 6180275), die Zerkleinerung der Polymerpartikel nach Abkühlung mit flüssigem Stickstoff (WO-A 0044005), der Zusatz die Fließfähigkeit beeinflussender Hilfsstoffe, welche die Entmischung der Komponenten unterdrücken (USA 6180275) sowie die Minimierung von Teilchengröße, spezifischer Oberfläche und Aspektverhältnis der leitfähigen Partikel (US-A 6180275, EP-A 1061597, WO-A 9949530). Verfahrenstechnische Optimierungen umfassen u.a. die Verbesserung der Durchmischung der Komponenten (WO-A 0044005), die Erhöhung des Einspritzdrucks auf  $13 \cdot 10^6$  bis  $500 \cdot 10^6$  N/m<sup>2</sup> (US-A 6180275), die Erhöhung der Einspritzgeschwindigkeit auf mindestens 500 mm/s und die Erhöhung der Düsentemperatur um 40 bis 80 K über die Schmelztemperatur des Materials. (WO-A 0030203).

[0012] Bei beiden Optimierungsansätzen sind jedoch die Variationsmöglichkeiten begrenzt. Einerseits sind der Änderung von Verfahrensparametern wie z.B. der Erhöhung des Einspritzdrucks etc. maschinentechnische Grenzen gesetzt.

[0013] Andererseits lassen die hohen Anforderungen an die Leitfähigkeit keine wesentliche Reduzierung des Graphitanteils zu. Für die Herstellung spritzgussfähiger Verbundwerkstoffe geeignete Kunststoffe sind oft relativ teuer (LCP), oder es müssen Duroplaste (z.B. Vinylester wie in US-A 6180275) verwendet werden, die wegen ihres Aushärtungs- und Vernetzungsprozesses längere Zykluszeiten bedingen als Thermoplaste. So lassen sich nach US-A 20010049046 aus einem Ausgangsmaterial aus mindestens einem ungesättigten Vinylester, mindestens einem ungesättigten Monomer zum Vernetzen der ungesättigten Vinylester, einem Vernetzungsinitiator und bevorzugt einen Massenanteil von mindestens 65 % leitfähiger Partikel strukturierte Platten im Spritzguss ohne substantielle Nachbearbeitung herstellen. Aber typische Zykluszeiten bei typischen Plattengrößen von 2,54 bis 50,8 cm \* 2,54 bis 50,8 cm (1 bis 20 in x 1 bis 20 in) liegen im Bereich von 1 bis 2 Minuten. Ein weiterer Nachteil von Duroplasten auf Polyesterbasis ist ihre Empfindlichkeit gegen Hydrolyse. Es ist daher wünschenswert, die Kunststoffkomponente des Verbundwerkstoffs durch einen leicht verarbeitbaren, ausreichend hydrolysebeständigen und preiswerten herkömmlichen Thermoplasten zu ersetzen, beispielsweise Polypropylen.

[0014] Eine weitere Option neben der oben beschriebenen limitierten material- und maschinentechnischen Optimierung besteht in der Optimierung des Plattenstruktur hinsichtlich der verfahrenstechnischen Möglichkeiten des Spritzgussverfahrens mit hochgefüllten Kunststoffen. Zwar gibt es bereits unabhängig von der Einführung des Spritzgussverfahrens Ausführungsformen von Kontaktplatten, die den Einsatz des schwer zu verarbeitenden leitfähigen Materials auf den funktionsbedingt notwendigen Bereich der Platte reduzieren. Kompliziert gestaltete Funktionselemente wie Durchbrüche für die Medienzufuhrwege und die Medienabfuhrwege und Abzweigungen zu den Strömungskanälen auf der Plattenoberfläche werden dabei in eine nichtleitende Peripherie (z.B. einen Rahmen) verlegt. Rahmenkonstruktionen aus Kunststoff mit integrierten Medienzufuhr- und Medienabfuhrwegen sind seit langem bekannt für Brennstoffzellen mit flüssigem Elektrolyt (siehe z.B. US-A 3278336). Die leitfähige Platte wird beispielsweise in den Rahmen geklebt (EP-A 0620609) oder (von Hand) eingepresst (US-A 5879826). In der US-A 5514487 werden Kunststoffbauteile "edge manifold plate" beschrieben, die seitlich an die BPP ange-setzt werden, im Unterschied zu einem Rahmen die BPP jedoch nicht komplett umschließen. Diese "manifold"-Platten enthalten Durchbrüche für die Medienzufuhr- und Medienabfuhrwege, von denen Verbindungsröhren zu den Strömungskanälen auf den Oberflächen der BPP abzweigen. Leitfähige BPP und nicht leitende "manifold"-Platte sind hier zwei einzelne Bauteile, die separat gefertigt werden müssen und anschließend beispielsweise mit einem Klebstoff verbunden werden. Da Klebstoffe altern, ist die strukturelle Integrität eines solchen Verbundes im Brennstoffzellenbetrieb über längere Zeit fraglich.

[0015] Für die Herstellung solcher Bauteile aus ungefülltem Kunststoff wird u.a. das Spritzgussverfahren verwendet. Beispielsweise wird eine leitfähige Platte aus korrosionsbeständigem Metall oder Kohlenstoff mit einem Kunststoffrahmen, der Durchbrüche für Medienzufuhr und Medienabfuhrwege enthält, umspritzt (WO-A 9750139). Eine mit einem Kunststoffrahmen umspritzte leitfähige Platte kann durch Heißpressen oder durch Spritzprägen einer Vorform (eines Rohlings) aus einem Graphit-Kunststoff-Verbundwerkstoff erfolgen (WO-A 0180339).

[0016] Bekannt ist auch das Aufbringen von Dichtungen im Spritzguss auf BPP (DE-C 19910487), wobei die BPP selbst jedoch nicht im Spritzguss hergestellt worden sind, sondern mit den oben aufgeführten konventionellen Verfahren.

[0017] Aus dem vorstehend beschriebenen Hintergrund resultiert die Aufgabe der Erfindung, eine Ausführungsform von Kontaktplatten für elektrochemische Zellen bereitzustellen, welche die Herstellung aus einem Verbundwerkstoff aus einem preiswerten herkömmlichen Thermoplast mit einem Masseanteil von mindestens 80 % leitfähigem Füllmaterial in einem Arbeits-

gang in einem Werkzeug im Spritzgussverfahren erlaubt. Die Kontaktplatte muss die für den Transport der Reaktionsmedien und die elektrische Kontaktierung der Elektroden benötigten Strukturelemente aufweisen, deren Gestalt darf jedoch den Materialfluss im Spritzgusswerkzeug nicht behindern, damit eine komplette Füllung der Kavität erreicht wird. Diese Aufgabe wird gelöst durch die fließtechnische Auslegung mit den Merkmalen nach dem Hauptanspruch. Die erfindungsgemäße Kontaktplatte entspricht einerseits den verfahrenstechnischen Anforderungen des Spritzgussens hochgefüllter Kunststoffe und erfüllt andererseits alle aus dem Einsatz in der Brennstoffzelle entstehenden Anforderungen in gleichwertiger Qualität wie eine in herkömmlichen Verfahren mit längerer Zykluszeit hergestellte Platte.

**[0018]** Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, Lösungen für den Anguss aufzuzeigen, die eine zuverlässige Füllung des Spritzgusswerkzeuges ermöglichen, ohne die Struktur der Oberfläche der erfindungsgemäßen BPP zu beeinträchtigen.

**[0019]** Ein weiterer Aspekt der Erfindung besteht darin, die Entformung des gefüllten Werkzeugs zu erleichtern und die Auswerfer des Spritzgusswerkzeugs so zu gestalten, dass beim Entformungsvorgang die strukturelle Integrität der BPP nicht beeinträchtigt wird.

**[0020]** Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, den Anteil des teuren und schwerer zu verarbeitenden leitfähigen Materials auf den funktionsbedingt notwendigen Bereich der Kontaktplatte zu beschränken und Bereiche, die nicht notwendig elektrisch leitend sein müssen, aus einem graphitfreien Kunststoff zu fertigen. Diese Ausführungsform der Kontaktplatte enthält Bereiche aus mit Graphit gefülltem Kunststoff und Bereiche aus graphitfreiem Kunststoff und wird im Unterschied zum herkömmlichen Stand der Technik in einem Werkzeug komplett durch Spritzguss in Mehrkomponententechnik gefertigt. Für diese Ausführungsform der Kontaktplatte wird ein stabiler und zuverlässiger Verbund zwischen den aus gefüllten und aus graphitfreiem Kunststoffen hergestellten Bereichen bereitgestellt.

**[0021]** Weiterhin umfasst die Erfindung eine Kontaktplatte, bei deren Herstellung das Anbringen der Dichtungen in den Spritzgussprozess zu integriert wird.

**[0022]** Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorzüge der Erfindung ergeben sich aus der folgenden detaillierten Beschreibung der Erfindung und anhand der Figuren 1 bis 9.

Figur 1 zeigt als perspektivische Explosionsdarstellung einen Ausschnitt aus einem Brennstoffzellenstapel.

Figur 2a zeigt einen perspektivischen Detail-Ausschnitt aus einer Bipolarplatte mit den vorteilhaften Merkmalen der Erfindung.

Figur 2b zeigt eine vergrößerte Detail-Querschnittsdarstellung gem. dem Bereich

Figur 2c

5

Figur 2d

10

Figur 3a

15

Figur 3b

20

Figur 3c

25

Figur 4

30

Figur 5a

35

Figur 5b

40

Figuren 6a-d

45

Figuren 7a-i

50

Figur 8a

55

Figur 8b

50

Figur 9

55

**[0023]** Wie in den Figuren 1 und 2a gezeigt, ist in den Elektroden 2, 3 zugewandten Oberflächen der Kontaktplatten jeweils eine Struktur eingelassen, welche die

IIb in Figur 2a, mit einem vorteilhaften Merkmal der Erfindung.

zeigt den Querschnitt eines Strömungskanals ohne die Merkmale der Erfindung.

zeigt eine erfindungsgemäße Gestaltung des Querschnitts der Strömungskanäle gem. der Schnittlinie IIId-IIId in Figur 2a.

zeigt verschiedene vorteilhafte Ausführungen des Angusses an einer erfindungsgemäßen Kontaktplatte in perspektivischer Darstellung.

zeigt im Querschnitt den Stangenanguss mit Filmanschnitt gem. der Schnittlinie IIIb-IIIb in Figur 3a.

zeigt Details der erfindungsgemäßen Lösung des Angusses auf der Plattenoberfläche und auf einer Hilfsanbindung gem. der Schnittlinie IIIC-IIIC in Figur 3a.

zeigt die Anordnung von Entformungsschrägen gem. der Schnittlinie IV-IV in Figur 3a.

zeigt in Draufsicht die Positionierung von Auswerferstiften in den Dichtungsnuten und von Pressluftauswerfern auf den Kanalrunden sowie die Position eines Rechteckauswerfers.

zeigt die Positionierung von Auswerferstiften, Pressluftauswerfern und Rechteckauswerfern in einer Werkzeughälfte (Schnittlinie Vb-Vb in Figur 5a)

zeigen Ausgestaltungen einer Kontaktplatte mit einem Randbereich aus nicht leitfähigem Kunststoff.

zeigen Ausgestaltungen des Verbundes zwischen dem leitfähigen Bereich aus einem Graphit-Kunststoff-Verbundwerkstoff und dem Randbereich aus graphitfreiem, nicht leitfähigem Kunststoff.

zeigt einen Kunststoffrahmen für BPP mit Dichtungsfunktion in der Draufsicht.

zeigt im Teil-Querschnitt gem. der Linie VIIIb-VIIIb mehrere übereinandergestapelte Bipolar-Platten, deren Rahmen eine Dichtfunktion aufweisen.

zeigt eine Teilschnittdarstellung eines zu einem Paket zusammengebrachten Funktionsverbundes gem. Figur 1 mit ausgeführter Abdichtung und Kühlkanälen.

für die gleichmäßige Verteilung der Reaktionsmedien benötigten Strömungswege 17 definiert. Diese Struktur umfasst einerseits die von den Reaktionsmedien durchströmten vertieften Partien (im folgenden als Kanäle 17 bezeichnet, ohne damit eine Einschränkung auf eine spezielle Geometrie vorzunehmen) und andererseits die Elektrode kontaktierende, aus den Vertiefungen der Medienverteilstruktur hervorstehende Kontaktstrukturelemente 16 (z.B. die Kanäle begrenzende Stege, oder einzeln stehende Vorsprünge mit beispielsweise viereckiger Grundfläche, im folgenden unabhängig von ihrer speziellen Geometrie als Vorsprünge bezeichnet). Ein Ausschnitt aus einer Bipolarplatte 7 mit einem gewundenen Strömungskanal 17 ist in Figur 2a dargestellt.

[0024] Den Vorsprüngen 16 auf der Oberfläche der Bipolarplatte 7 entsprechen im Spritzgusswerkzeug Vertiefungen der Kavität, die komplett gefüllt werden müssen. Die Füllung dieser Vertiefungen ist um so zuverlässiger gewährleistet, je besser ihre Form dem Fließverhalten des Materials angepasst ist (fließtechnische Auslegung). Deshalb ist es vorteilhaft, alle Vorsprünge abgerundet zu gestalten, wie in den Figuren 2a und 2b dargestellt. Dies trifft sowohl für die Übergänge 18 vom Grund 19 zu den Wandflächen 20 der Kanäle 17 als auch auf die Übergänge 21 von den Kanalwänden 20 zu den Oberflächen (den Kontaktflächen) 22 der Vorsprünge 16 zu. Als vorteilhaft hat sich ein Rundungsradius von 0,1 bis 0,5 mm erwiesen. Diese Abrundungen erleichtern auch die Entformung (Entnahme der Platte aus dem Werkzeug). Die Verrundung am Übergang 21 von der Kanalwand 20 zur Oberfläche 22 des Vorsprungs 16 reduziert zwar im Vergleich zu einem nicht Vorsprung mit nicht abgerundeten Übergang 23 (Figur 2c) die elektrische Kontaktfläche zur Elektrode. Jedoch kann dieser Verlust falls nötig durch eine von vornherein ein größerflächige Auslegung des Vorsprungs 16 kompensiert werden. Solche weniger feinteiligen Strukturen erleichtern wiederum die komplette Füllung des Werkzeugs. Wird dagegen keine Verrundung vorgesehen, so können an den Vorsprüngen 16 durch unvollständige Füllung der Kavität undefinierte Formen entstehen, die wiederum den elektrischen Kontakt zur Elektrode beeinträchtigen.

[0025] Eine Alternative zu dieser Vorgehensweise besteht darin, die Vorsprünge von vornherein mindestens um den Radius der Verrundung höher auszulegen als im "stack" benötigt, und anschließend das zusätzliche Material von der Oberfläche des Vorsprungs wieder abzutragen, so dass ein Vorsprung ohne Verrundungen an den Übergängen von den Kanalwänden 20 zur Oberfläche 22 erhalten wird.

[0026] Für die Übergänge 18 vom Grund 19 zu den Wänden 20 der Kanäle 17 sind Rundungsradien zwischen einem Zehntel und der Hälfte der Breite des Kanals geeignet. Runde Kanalquerschnitte sind auch strömungstechnisch von Vorteil, da sie der Ausbildung von Totvolumen entgegenwirken. Dieser strömungstechnische Vorteil kann den Nachteil, dass eventuell zur Ge-

währleistung des elektrischen Kontakts der Anteil der für die Medienverteilung nicht zur Verfügung stehenden Kontaktflächen 16 an der Medienverteilung und Kontaktstruktur erhöht werden muss, zumindest partiell kompensieren.

[0027] Des weiteren ist es sowohl für die Füllung des Werkzeugs und die anschließende Entnahme des Werkstücks, als auch strömungstechnisch von Vorteil, sämtliche Richtungsänderungen der Kanäle 17 (Ecken, Kehren, Verzweigungen) abgerundet zu gestalten.

[0028] Vom Standpunkt der Werkzeugfüllung her problematisch sind weiterhin Strukturen, die Durchbrüche 24 und Verengungen aufweisen. Im Werkzeug wirken sich solche Strukturen als Verengungen des Füllungsquerschnitts, und damit als Fließbremsen für das Material aus. Besonders kritisch ist die Füllung der bezüglich des Angusses hinter den Durchbrüchen befindlichen Bereiche. Daher ist es vorteilhaft, im Werkzeug zunächst zusätzliche Fließstege vorzusehen, welche die Durchbrüche 24 überbrücken und so zum Transport des Materials in die hinter den Durchbrüchen liegenden Bereiche beitragen. Die mindestens nötige Dicke des Fließstegs wird bestimmt von der Partikelgröße des leitfähigen Füllstoffs (bei typischen Graphitpartikeln 0,3 mm). Die maximal mögliche Dicke des Fließsteges entspricht der Plattendicke. Um den Durchbruch 24 komplett zu öffnen, werden die Fließstege im gefüllten Werkzeug durch Spritzprägen oder Kernzugtechnik entfernt. Alternativ können die Fließstege auch außerhalb des Spritzgusswerkzeugs entfernt werden. Dazu wird vorteilhaft ein auf die Entformung folgender Stanzprozess in den Gesamtprozess der Plattenherstellung integriert.

[0029] Bei Ausführungsformen, die im Gegensatz zu der in Figur 1 gezeigten relativ einfachen Struktur sehr große Durchbrüche 24 mit langen schmalen Randstegen 25 aufweisen, ist es vorteilhaft, den Fließsteg als Stützsteg 26 stehen zu lassen. Die Durchbrüche für die Medienzufuhrwege 8,10 und Medienabfuhrwege 9,11 und die Längsschraubungen sind vorzugsweise außerhalb des leitfähigen Bereichs angeordnet, der für die Medienverteilung und die elektrische Kontaktierung der Elektrode vorgesehen ist. Typischerweise befinden sich die Durchbrüche an den Seiten oder in den Ecken der Platten und werden, um Materialeinsatz und für die Kontaktierung und Versorgung der Elektroden inaktive Plattenfläche zu minimieren, nur von einem schmalen Rand umschlossen. Dieser Bereich der Platte ist eine mechanische Schwachstelle, daher ist es vorteilhaft, zur Stabilisierung des Randstegs einen Stützsteg 26 vorzusehen, der den Durchbruch überbrückt. Um dennoch über den gesamten Querschnitt des Durchbruchs eine gleichmäßige Medienverteilung zu gewährleisten, ist der Stützsteg 26 bevorzugt dünner als die Platte selbst ausgebildet. Aus Stabilitätsgründen ist für den Stützsteg eine Mindeststärke von 0,8 mm notwendig. Nach Passieren des Stützstegs 26 können sich die durch den Stützsteg geteilten Strömungen wieder vereinigen. Die Störung des Strömungsverlaufs durch den Stützsteg

muss gering gehalten und die Ausbildung eines Totvolumens hinter dem Stützsteg verhindert werden. Dies wird durch den abgerundeten, stromlinienförmigen Querschnitt des Stützsteges 26 stromlinienförmig gestaltet werden. (Figur 2d)

**[0030]** Aus Stabilitätsgründen ist es am günstigsten, den Stützsteg 26 in der Mitte des Durchbruchs 24 anzuordnen. Jedoch ist auch eine außermittige Anordnung möglich, sofern dadurch die Stabilität nicht beeinträchtigt wird. Für die Homogenität der Strömung ist es von Vorteil, wenn die Fließstege nicht in allen aufeinanderfolgenden Platten fluchtend angeordnet sind, sondern gegeneinander versetzt.

**[0031]** Sollte auch mittels Fließstegen keine ausreichende Füllung der bezüglich des Angusses hinter den Durchbrüchen liegenden Bereiche erreicht werden, so können alternativ die Bereiche der Durchbrüche 24 im Werkzeug komplett gefüllt werden, und die gewünschten Durchbrüche 24 werden anschließend ausgestanzt. Wie bei der Entfernung der Fließstege kann das Stanzen der Durchbrüche innerhalb des Werkzeuges mittels Kernzugtechnik oder Spritzprägen erfolgen, oder in einem auf die Entformung folgenden integrierten Prozessschritt.

**[0032]** Weiterhin kann in der Plattenoberfläche eine Nut 27 für die Aufnahme einer Dichtung vorgesehen sein.

**[0033]** Die Platte kann beidseitig mit einer Medienverteil- und Kontaktstruktur mit den oben beschriebenen Merkmalen versehen sein. Dabei wird die Kanaltiefe bevorzugt so gewählt, dass die Restwandstärke an den dünnsten Stellen der Platte 0,8 mm nicht unterschreitet.

**[0034]** Einen starken Einfluss auf die Füllung des Werkzeugs hat auch die Gestaltung des Angusses (Figuren 3a und 3b). Zur besseren Übersicht wird in Figur 3a auf die Darstellung der Medienverteilstruktur verzichtet. Es sei darauf hingewiesen, dass die dargestellten bzw. nicht dargestellten Strukturen keine Festlegung auf eine bestimmte Struktur bedeuten, denn die im folgenden beschriebenen, den Anguss betreffenden Aspekte der Erfindung sind unabhängig von der speziellen Strömungswegstruktur, und treffen gleichermaßen auf Bipolarplatten, Endplatten und Kühlplatten, also allgemein Kontaktplatten zu.

**[0035]** Geeignet ist ein Stangenanguss 28 mit Filmanschnitt 29. Die Dicke des Filmanschnitts 29 kann variiert werden zwischen einem von der Partikelgröße des leitfähigen Füllstoffs bestimmten Minimum (bei typischen Graphitpartikeln 0,3 mm) und der Dicke der Kontaktplatte 7. Die Breite des Anschnitts kann im Bereich von minimal 5 mm bis zur Breite der Platte 7 gewählt werden.

**[0036]** Geeignet ist weiterhin ein Heißkanalsystem mit einer oder mehreren Heißkanaldüsen. Wegen der im Vergleich zu ungefüllten Kunststoffen geringeren Fließfähigkeit des Verbundwerkstoffs muss der Anschnittdurchmesser der Heißkanaldüse größer sein als beim Spritzguss von ungefüllten Kunststoffen üblich, bevorzugt mindestens 5 mm.

**[0037]** Um die Angussmarkierungen möglichst klein zu halten, können Angusskanäle mit Nadelverschluss (nicht dargestellt) benutzt werden. Die Nadelverschlüsse werden hydraulisch angesteuert. Bei der Verwendung von Angusskanälen mit Nadelverschluss kann der Anguss auch direkt auf der Plattenoberfläche erfolgen, wenn deren Struktur Bereiche enthält, wo genügend Platz für die Positionierung einer solchen Angussdüse zur Verfügung steht. Dabei sollten erhabene Angussmarkierungen in Gestalt von vorstehenden Gaten vermieden werden. Um dies zu erreichen, wird die Mündung des Angusskanals im Werkzeug positioniert, dass sie tiefer liegt als die umgebende Plattenoberfläche der im Werkzeug zu formenden Platte (Vertiefung 30 in den Figuren 3a und 3c).

**[0038]** Bieten weder Dichtungskanäle noch Vorsprünge genügend Fläche für einen Heißkanalanguss, so können an den Rändern der Platte kleine Ausbuchtungen 31 als Hilfsflächen 32 für die Positionierung von Angusskanälen vorgesehen werden. Diese Hilfsanbindungen 31 müssen, wenn sie nicht in die Struktur der Kontaktplatte 7 integriert werden können, nachträglich entfernt werden.

**[0039]** Für eine gleichmäßige Füllung des Werkzeugs ist es vorteilhaft, die einzelnen Anspritzdüsen in Kaskade anzusteuern. Dadurch wird vermieden, dass mehrere Fließfronten gleichzeitig existieren, bei deren Zusammentreffen Fließnähte und Lufteinschlüsse entstehen können.

**[0040]** Die geringe Dicke der Kontaktplatte 7 (typischerweise 1 bis 3 mm) kann Entformungsschwierigkeiten verursachen. Um die Entformung zu erleichtern, ist es vorteilhaft, alle quer zur Plattenebene verlaufenden Flächen mit einer Neigung von 0,5 bis 30° relativ zur Senkrechten zu versehen (Entformungsschrägen, siehe Figur 4). Entformungsschrägen werden sowohl an den Stirnflächen 33 der Kontaktplatte als auch an den Wandflächen 34 der Durchbrüche 24, den seitlichen Wandflächen 22 der Kanäle 17. und ggf. an Absätzen 35 auf der Plattenoberfläche vorgesehen. Die durch den Absatz 35 umschriebene Ausnehmung 36 in der Plattenoberfläche dient der Einbettung der Elektrode 2 bzw. 3.

**[0041]** Die Struktur der Kontaktplatte 7 darf bei der Entformung nicht durch die Auswerfer beeinträchtigt werden. Herkömmliche Auswerferstifte 37 hinterlassen Markierungen (Abdrücke) auf der Oberfläche des Werkstücks. Solche Auswerfer 37 werden daher bevorzugt so positioniert, dass sie beim Entformungsprozess auf den Grund von Dichtungsnuten 27 stoßen. (Figuren 5a und 5b) Die dort zurückbleibenden Auswerfermarkierungen beeinträchtigen die Funktion der Kontaktplatte 7 nicht, da sie nach dem Füllen der Dichtungs nut mit einer Dichtung vollständig von der sich der Gestalt der Nut anpassenden Dichtung überdeckt und abgedichtet werden.

**[0042]** Geeignet sind weiterhin Rechteckauswerfer 38 (Figuren 5a und 5b). Diese Auswerfer haben Aus-



sparungen und hinterfassen die Kontaktplatte 7 an den Kanten, so dass es genau in den Aussparungen der Auswerfer 38 liegt. Die Aussparungen sind so geformt, dass sie an der Stirnfläche des Werkstücks über die Trennebene der beiden Werkzeughälften hinausragen. Bei dieser Auswerfergestaltung entfallen die Zwangsrückstoßer.

[0043] Noch vorteilhafter ist das Auswerfen mittels Pressluft, da hier keine Markierungen zurückbleiben. Dazu werden im Werkzeug 39 Pressluftkanäle 40 vorgesehen, die mit Stiften 41 verschlossen sind. Beim Entformungsvorgang werden die Stifte 41 nach hinten (ins Innere des Werkzeugs 39) zurückgezogen und geben die Pressluftkanäle 40 frei. Die Pressluftkanäle werden im Werkzeug so angeordnet, dass ihre Mündungen sich auf dem Grund der Strömungskanäle 17 befinden. Der Durchmesser der Stifte und dementsprechend der Mündungen der Pressluftkanäle kann ein bis acht Zehntel der Breite des Strömungskanals 17 betragen.

[0044] Um die Schwierigkeiten bei der Füllung der komplizierten Strukturen der Platte mit dem hochviskosen Material zu verringern, ist es vorteilhaft, den Einsatz dieses Materials auf die Bereiche zu reduzieren, die funktionsbedingt leitfähig sein müssen. In dieser Ausführungsform können außerhalb der Kontaktstruktur liegende Funktionselemente wie die Durchbrüche für die Medienzufuhr 8, 10 und die Medienabfuhr 9, 11 und die davon abzweigende Ein- und Auslässe 14, 15 zu den Kanälen 17 auf den Plattenoberflächen in die Peripherie der Platte verlegt werden, die aus einem leichter zu bearbeitenden, nicht leitfähigen Material besteht (Figuren 6a bis 6d).

[0045] In einem Ausführungsbeispiel ist der leitfähige Bereich 42 der Kontaktplatte 7, deren Medienverteil- und Kontaktstruktur in Figur 6 zur Vereinfachung weggelassen wurde, komplett von einem nicht leitfähigen Kunststoffrahmen 43 umschlossen (Figuren 6a und 6b). Wie in Figur 6b gezeigt, müssen nicht alle Seiten dieses Rahmens 43 die gleiche Breite b haben. So kann der Rahmen an einer oder mehreren Kanten des leitfähigen Bereiches breiter ausgebildet sein, um Platz für die Aufnahme von Funktionselementen zur Verfügung zu stellen. Eine weitere Ausgestaltungsmöglichkeit besteht darin, dass an einzelnen Kanten des leitfähigen Bereichs 42 der Kontaktplatte 7 Bereiche 43 aus einem nichtleitfähigen Material anschließen, um Funktionselemente aufzunehmen, die nicht elektrisch leitend sein müssen. In den Figuren 6c und 6d sind einige Varianten dargestellt. Allgemein besteht diese Ausführungsform darin, dass an mindestens einer Kante der Platte ein Bereich 43 aus nicht leitfähigem Material mit beliebiger Breite b anschließt, der leitfähige Bereich aber nicht komplett von nicht leitfähigen Randbereichen 43 umschlossen wird. Entsprechend der vorliegenden Erfindung wird die komplette Kontaktplatte mit den leitfähigen Bereichen 42 aus dem hochgefüllten Material und den nicht leitfähigen Bereichen 43 aus graphitfreiem Material im Spritzguss in einem Werkzeug hergestellt

(Zweikomponenten-Verfahren).

[0046] Zwischen den aus verschiedenen Werkstoffen bestehenden Bereichen 42 und 43 der Kontaktplatte muss ein stabiler, zuverlässiger Verbund hergestellt werden. Dafür werden erfindungsgemäß am Übergang der beiden Materialien Strukturen ausgebildet, die eine stoffschlüssige Verbindung, Verzahnung oder Verkeilung zwischen beiden Bereichen ermöglichen (Figuren 7a bis 7i). Die stoffschlüssige Verbindung zeigt Figur 7b. Um zusätzlich eine formschlüssige Verbindung zu erreichen, sind z. B. schwalbenschwanzförmige (Figur 7c) oder pilzförmige (Figur 7g) Strukturen oder Vorsprünge 44 mit Zähnen, Sägezähnen (Figuren 7e und 7f) oder wellenförmigen Strukturen (Figur 7d) geeignet. Ein weiterer vorteilhafter Verbund besteht aus einem in den nicht leitfähigen Bereich 43 herein ragenden Vorsprung 44 (Figuren 7h und 7i) gebildet, der eine durchgehende Bohrung 45 enthält. Die Bohrung füllt sich beim Spritzgießen des angrenzenden Bereiches 43 mit dem nicht leitfähigen (graphitfreien) Kunststoff, so dass beide Werkstoffe unauflöslich ineinander greifen.

[0047] Vorteilhaft für den Verbund beider Werkstoffe ist auch der Effekt, dass sich beim Spritzguss von Graphit-Kunststoff-Verbundwerkstoffen die Kunststoffkomponente aufgrund ihrer größeren Fließfähigkeit an der Oberfläche des Werkstücks anreichert. Diese mit Kunststoff angereicherte Schicht verbessert die Haftung des Kunststoff-Dichtungsrahmens an den Außenkanten der leitfähigen Platte.

[0048] Der Rahmen kann so ausgebildet sein, dass er gleichzeitig eine Dichtungsfunktion erfüllt. Es sei angemerkt, dass die Membran 4 nicht bis in den Bereich dieser Dichtungsfunktion reichen sollte, denn die Membranmaterialien nach dem derzeitigen Stand der Technik sind empfindlich gegen mechanische Beanspruchungen, wie sie beim Zusammenpressen der Dichtungsrahmen der aufeinanderfolgenden Zellen auftreten.

[0049] Besonders vorteilhaft für die Vermeidung von Leckagen zwischen den aufeinanderfolgenden Zellen 1 sind Rahmen 43 aus einem Elastomer. Dieser Dichtungsrahmen 43 ist so ausgebildet, dass er im zusammengepressten Zustand die mit der in die Ausnehmung 36 eingebetteten Elektrode 2 oder 3 bündige Oberfläche der Platte 7 um die Hälfte der Dicke der mit den Katalysatoren 6 beschichteten Membran 4 überragt. Im Zusammenwirken mit dem ebenso ausgebildeten Dichtungsrahmen 43 der folgenden Kontaktplatte wird die zwischen den Platten liegende MEA 5 dicht umschlossen.

[0050] Bei Ausführungsformen, die keine Ausnehmung 36 zur Einbettung der Elektrode vorsehen, überragt der erfindungsgemäße Dichtungsrahmen 43 im zusammengepressten Zustand die Kontaktstrukturelemente 16 um die halbe Dicke der gesamten Membran-Elektroden-Einheit 5, um im Zusammenwirken mit den ebenso ausgebildeten Rahmen der folgenden Kontaktplatte 7 die MEA 5 dicht zu umschließen.

[0051] Zur Veranschaulichung der Größenverhältnisse in diesen Ausführungsformen sei angemerkt, dass die Dicken der derzeit gebräuchlichen Membranen 5 100 bis 200  $\mu\text{m}$  betragen und die Dicken gebräuchlicher Elektroden 2, 3 200 bis 300  $\mu\text{m}$ .

[0052] Auch ein Rahmen aus einem beliebigen, unter den Bedingungen des Brennstoffzellenbetriebs stabilen Kunststoff kann so gestaltet werden, dass im Zusammenwirken mit den Rahmen der angrenzenden Zellen eine Dichtungsfunktion erfüllt wird (Figuren 8a und 8b). Dazu wird der Rahmen 43 auf einer Oberfläche mit einem umlaufenden Sims (Feder) 46 und auf der rückwärtigen Oberfläche mit einer passenden Nut 47 versehen. Beim Anziehen der Längsschraubung des "stack" greift jede Feder in die Nut des Rahmens der folgenden Platte (Nut-Feder-Verbindung), so dass ein dichter Abschluss erreicht wird. Die Querschnitte der ineinandergreifenden Vorsprünge und Nuten sind typischerweise trogförmig. Zur Verbesserung der Dichtwirkung kann in die Nut 47 auch ein konventionelles Dichtungsmaterial (nicht dargestellt), bevorzugt ein flacher Dichtungsstreifen, eingelegt werden, der dann unter Einwirkung des Simses 46 auf dem Rahmen 43 der angrenzenden Platte zusammengepresst wird und so den Spalt zwischen beiden Rahmen 43 dicht abschließt. Insbesondere bei Verwendung einer solchen zusätzlichen Flachdichtung ist es nicht zwingend erforderlich, dass die Rahmen 43 aus einem elastischen Kunststoff gefertigt sind.

[0053] Alternativ kann ein Dichtungsmaterial im Spritzguss auf die Oberfläche der Platte bzw. des Rahmens aufgetragen werden. Zur Aufnahme des Dichtungsmaterials werden in der Oberfläche der Platte bzw. des Rahmens Dichtungsnute 27 vorgesehen.

[0054] Figur 9 zeigt einen Ausschnitt aus einem Stapel ("stack") aus mehreren Brennstoffzellen 1 im Querschnitt mit beispielhaften Ausführungen der Dichtungen. Die Bipolarplatten zwischen den Membran-Elektroden-Einheiten 5 sind als Verbund aus je zwei Teilplatten 7a, 7b ausgebildet. Beispielhaft für die den "stack" durchquerenden Zuführwege und Abfuhrwege für die Reaktions- und Kühlmedien ist der Brennstoffzufuhrweg 8 dargestellt. Der Brennstoffzufuhrweg 8 ist über mindestens einen Einlass 14 mit den Strömungswegen 17 der Medienverteilstruktur auf der anodenseitigen Teilplatte 7a verbunden.

[0055] Die Dichtungen 48 schließen die Medienverteilstrukturen auf den der Membran-Elektroden-Einheit 5 zugewandten Oberflächen der BPP-Teilplatten 7a, 7b gegen die diese Platten durchquerenden Zuführwege und Abfuhrwege der jeweils anderen Medien ab. Die Elektroden 2, 3 sind in Ausnehmungen 36 eingebettet. Der Randbereich der Membran 4 ragt über die Elektroden 2, 3 hinaus. Die Dichtungen 48 liegen zwischen der Oberfläche einer Kontaktplatte 7 und der angrenzenden Membran 4.

[0056] Elektrolytmembranen nach dem derzeitigen Stand der Technik sind sehr empfindlich gegen mechanische Beanspruchung, beispielsweise durch Faltung.

Die Dichtungen 48 werden daher bevorzugt flach ausgebildet, um eine solche Beanspruchung der Membran zu vermeiden. Die Dichtungsnut 48a ist bereiter ausgebildet als Dichtung 48, um beim Zusammenpressen der Dichtung 48 eine seitliche Verdrängung des Dichtungsmaterials zu ermöglichen.

[0057] Besteht die BPP 7, wie in Figur 9 gezeigt, aus einer Anoden- und einer Kathodenplatte 7a, und 7b, die eine Kühlmittelverteilstruktur 49 umschließen (Kühlplattenverbund), so sind auch zwischen diesen Platten Dichtungen 50 nötig, um die Kühlmittelverteilungs Kanäle 49 und die Zufuhr- und Abfuhrwege der anderen Medien gegeneinander abzudichten. Da Dichtung 50 nicht die empfindliche Membran berührt, sondern zwischen zwei Platten 7a und 7b liegt, ist es nicht notwendig, die Dichtung 50 flach auszubilden.

[0058] Damit die Restwandstärke der Platte 7 im Bereich der Dichtungsnut 51 nicht zu gering wird, insbesondere nicht dünner als der Mindestwert von 0,8 mm, ist es vorteilhaft, wenn die Dichtung 50 nicht in ihrer gesamten Höhe von nur einer der beiden Platten 7a, 7b aufgenommen werden muss. Deshalb werden in den aneinandergrenzenden Platten miteinander kooperierende Dichtungsnuten 51b und 51b mit jeweils einem Teil, bevorzugt der Hälfte der zur Aufnahme der Dichtung 51 im zusammengepressten Zustand benötigten Höhe vorgesehen. Bei der Herstellung der Platte wird Dichtungsnut 51a in der Breite komplett mit dem Material der Dichtung 50 gefüllt, die ihrerseits über die Plattenoberfläche übersteht. Beim Verbinden der Platten 7a und 7b werden die überstehenden Bereiche der Dichtung 50 von der kooperierenden Dichtungsnut 51b aufgenommen. Diese Dichtungsnuten 51b sind breiter als Dichtung 50 im nicht zusammengepressten Zustand, so dass beim Zusammenpressen der Dichtung das überstehende Dichtungsmaterial seitlich verdrängt werden kann.

[0059] In Figur 9 ist ein Kühlplattenverbund aus zwei Teilplatten 7a, 7b, in deren einander zugewandten Oberflächen die Kühlmittelverteilungs Kanäle genau spiegelbildlich ausgebildet sind, dargestellt. Sind die Platten aufeinander gestapelt, so liegen die Kühlmittelkanäle der Teilplatten 7a und 7b einander genau gegenüber und bilden so die Kühlmittelverteilstruktur.

[0060] Eine alternative Ausführungsform besteht darin, dass die Kühlmittelverteilstruktur 49 nur in eine der beiden Teilplatten eingelassen ist, während die angrenzende Oberfläche der anderen Teilplatte eben ist und die Kanäle auf der ersten Platte abdeckt.

[0061] Es ist vorteilhaft, wenn der Bereich der Platte, auf dem die Dichtung aufliegen soll, nicht aus dem Graphit-Kunststoff-Verbundwerkstoff besteht, sondern aus einem dem Dichtungs-Material ähnlichen bzw. mit dem Dichtungsmaterial kompatiblen graphitfreien Kunststoff. Aufgrund der Ähnlichkeit zwischen beiden Kunststoffmaterialien kann ein besserer Materialverbund erreicht werden als zwischen dem Kunststoff der Dichtung und dem Graphit des leitfähigen Bereiches. Um die



Dichtung in dieser Weise vorteilhaft als Kunststoff-Kunststoff-Verbund auszubilden, ist es nötig, dass der Bereich der Kontaktplatte, auf dem die Dichtung aufliegen soll, z.B. der Rahmen, aus graphitfreien Kunststoff besteht.

[0062] Auch bei Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Kontaktplatte ohne Rahmen oder Randbereiche 43 aus graphitfreiem Kunststoff können das Formen der Platte aus einem Graphit-Kunststoff-Verbundwerkstoff und das Aufbringen der Dichtung auf die Platte erfindungsgemäß in einem Werkzeug in Zweikomponenten-Technik durch Spritzguss erfolgen. Die Übergänge von den Dichtungsnuten zur Plattenoberfläche werden - ebenso wie bei den Strömungskanälen - verrundet, um eine gute Füllung des Spritzgusswerkzeugs mit dem Graphit-Kunststoff-Verbundwerkstoff zu erzielen.

[0063] Entsprechend der Erfindung wird die Platte mit der Medienverteils- und Kontaktstruktur, optional mit einem nichtleitfähigen Bereich mit weiteren Funktionselementen, einschließlich der Dichtung im Spritzgussverfahren in einem Werkzeug gefertigt (Mehrkomponenten-Verfahren).

[0064] Für die Herstellung einer erfindungsgemäßen leitfähigen Platte mit den oben angegebenen für den Brennstoffzellenbetrieb benötigten Strukturmerkmalen aus einem Verbundwerkstoff aus Polypropylen und einem Massenanteil von 86 % synthetischem Graphit mit einer Plattenfläche von 140 mm x 140 mm wird eine Zykluszeit von 45 bis 50 Sekunden benötigt. Die Leitfähigkeit quer zur Plattenebene entspricht mit mindestens 20 S/cm den Anforderungen für den Brennstoffzellenbetrieb. Typische Strukturabmessungen für die Strömungskanäle 17 sind 0,6 bis 0,8 mm (Breite und Tiefe)

[0065] Zur Verminderung des Kontaktwiderstands an den Oberflächen der leitfähigen Platten zu vermindern, kann die wenige Mikrometer dicke Oberflächenschicht, in der die Kunststoffkomponente des Verbundwerkstoffs angereichert ist, durch Behandlung mit einem Abrasiv, beispielsweise durch Sandstrahlen, abgetragen werden.

#### Bezugszeichenliste

#### [0066]

- 1 Brennstoffzellenstack
- 2 Anode
- 3 Kathode
- 4 Membran
- 5 MEA
- 6 Katalysator
- 7 BPP
- 7a Teilplatte
- 7b Teilplatte
- 8 Brennstoffzufuhr
- 9 Brennstoffabfuhr
- 10 Oxidationsmittelzufuhr
- 11 Oxidationsmittelabfuhr

- 12 Medienverteilsstruktur (Anode)
- 13 Medienverteilsstruktur (Kathode)
- 14 Einlass
- 15 Auslass
- 5 16 Kontaktstrukturelement (Steg oder Vorsprung)
- 17 Strömungsweg (Kanal)
- 18 Übergang vom Kanalgrund zur Wandfläche
- 19 Grund des Strömungswegs
- 20 Wandfläche
- 10 21 Übergang von der Wandfläche zur Kontaktfläche
- 22 Kontaktfläche
- 23 Nicht erfindungsgemäßer Übergang von der Wandfläche zur Kontaktfläche
- 15 24 Durchbruch für die Zu- oder Abfuhr von Reaktions- oder Kühlmedien
- 25 Randsteg
- 26 Stützsteg
- 27 Dichtungsnut
- 20 28 Stangenanguss
- 29 Filmanschnitt
- 30 Vertiefung
- 31 Ausbuchtung
- 32 Hilfsfläche
- 25 33 Stirnfläche
- 34 Wandfläche des Durchbruchs
- 35 Absatz
- 36 Ausnehmung zur Aufnahme der Elektrode
- 37 Auswerferstift
- 30 38 Rechteckauswerfer
- 39 Werkzeug
- 40 Pressluftkanal
- 41 Stift
- 42 leitfähiger Bereich
- 35 43 nicht leitfähiger Randbereich (z.B. Rahmen)
- 44 Vorsprung
- 45 Bohrung
- 46 Sims (Feder)
- 47 Nut
- 40 48 Dichtung
- 48a Dichtungsnut für Dichtung 48
- 49 Kühlmittelverteilsstruktur
- 50 Dichtung
- 51 Dichtungsnut für Dichtung 50
- 45 51a Teilnut
- 51b Teilnut
- 52 Medientransportweg
- b Breite
- 50 A Anodenseite
- K Kathodenseite

#### Patentansprüche

55

1. Kontaktplatte für eine elektrochemische Zelle (1) mit einer Durchgangsleitfähigkeit von mindestens 20 S/cm aus einem Kunststoff-Graphit-Verbund-

werkstoff, enthaltend die folgenden Funktionselemente

- Durchbrüche (24) für die Zuführwege (8, 10) und die Abfuhrwege (9, 11) der an den Elektroden (2, 3) der elektrochemischen Zelle (1) reagierenden Medien, 5
- auf mindestens einer Plattenoberfläche eine in die Oberfläche eingelassene Medienverteilstruktur (12, 13) mit Strömungswegen (17) zur Verteilung eines an der angrenzenden Elektrode (2, 3) reagierenden Mediums und eine aus dieser Medienverteilstruktur hervorstehende Kontaktstruktur mit Kontaktstrukturelementen (16) zur elektrischen Kontaktierung einer an die Platte angrenzenden Elektrode (2, 3), 10 15
- Verbindungen (14, 15) der Medienverteilstruktur (12, 13) auf der Plattenoberfläche mit dem Zuführweg (8, 10) und dem Abfuhrweg (9, 11) eines an der angrenzenden Elektrode (2,3) reagierenden Mediums, 20

**dadurch gekennzeichnet, dass** 25

- sämtliche Übergänge (18) von den Grundflächen (19) zu den Wandflächen (20) der Strömungswege (17) in der Medienverteilstruktur (12, 13) verrundet sind, 30
  - sämtliche Übergänge (21) von den Wandflächen (20) der Strömungswege (17) in der Medienverteilstruktur (12, 13) zu den die angrenzende Elektrode (2, 3) kontaktierenden Oberflächen (22) der Kontaktstrukturelemente (16) verrundet sind, 35
  - die Kunststoffkomponente des Verbundwerkstoffs ein Thermoplast ist und der Masseanteil des Graphits in dem Verbundwerkstoff mindestens 70 % beträgt und 40
  - die Platte mit den angegebenen Funktionselementen im Spritzgussverfahren herstellbar ist. 45
2. Kontaktplatte nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Radius der Verrundung am Übergang (18) von der Grund- (19) zur Wandfläche (20) des Strömungswegs (17) mindestens ein Zehntel und höchstens die Hälfte der Breite des Strömungswegs (17) beträgt. 50
3. Kontaktplatte nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Radius der Verrundung am Übergang (21) von der Wandfläche (20) des Strömungswegs (17) zur Kontaktfläche (22) des Kontaktstrukturelements (16) mindestens 0,1 mm und 55

höchstens 0,5 mm beträgt.

4. Verfahren zur Herstellung einer Kontaktplatte für eine elektrochemische Zelle nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die hervorstehenden Kontaktstrukturen (16) mit den verrundeten Übergängen (21) von den Kontaktflächen (22) der Kontaktstrukturelemente (16) zu den Wandflächen (20) der Strömungswege (17) mindestens um den Radius der Verrundung höher ausgelegt werden als für den Einbau im Zellenstapel benötigt und anschließend mindestens um den Radius der Verrundung abgetragen werden, so dass ein durch die Verrundung bedingter Verlust an Kontaktfläche (22) vermieden wird.
5. Kontaktplatte nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sämtliche Richtungsänderungen der Strömungswege (17) in der Medienverteilstruktur (12, 13) verrundet sind.
6. Kontaktplatte nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf mindestens einer der Plattenoberflächen Nuten (27) zur Aufnahme von Dichtungen vorgesehen sind.
7. Kontaktplatte nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf der mit der Medienverteilstruktur (12, 13) versehenen Plattenoberfläche eine Ausnehmung (36) für die Einbettung einer Elektrode (2, 3) vorgesehen ist.
8. Verfahren zur Herstellung einer Kontaktplatte für eine elektrochemische Zelle nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Spritzgussprozesses die Durchbrüche (24) durch Fließstege überbrückt werden.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fließstege im gefüllten Spritzgusswerkzeug durch Spritzprägen oder Kernzugtechnik entfernt werden.
10. Verfahren zur Herstellung einer Kontaktplatte für eine elektrochemische Zelle nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Durchbrüche (24) im gefüllten Spritzgusswerkzeug durch Spritzprägen oder Kernzugtechnik hergestellt werden.
11. Kontaktplatte nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Platte Stützstege (26) enthält, welche die Durchbrüche (24) überbrücken.
12. Kontaktplatte nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dicke des Stützstegs (26) mindestens 0,8 mm beträgt und der Querschnitt des Stützsteges (26) abgerundet ist.

13. Spritzgusswerkzeug zur Herstellung einer Kontaktplatte für eine elektrochemische Zelle nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anguss als Stangenanguss (28) mit Filmanschnitt (29) ausgebildet ist. 5
14. Spritzgusswerkzeug nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dicke des Filmanschnitts (29) mindestens 0,3 mm und maximal die Dicke der Platte beträgt und die Breite des Filmanschnitts (29) mindestens 5 mm und maximal die Breite der Platte beträgt. 10
15. Spritzgusswerkzeug zur Herstellung einer Kontaktplatte für eine elektrochemische Zelle nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** für den Anguss Heißkanaldüsen mit Nadelverschlüssen vorgesehen sind. 15
16. Spritzgusswerkzeug nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anschnittdurchmesser einer Heißkanaldüse mindestens 5 mm beträgt. 20
17. Spritzgusswerkzeug nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Werkzeug in Kaskade ansteuerbare Anspritzdüsen enthält. 25
18. Spritzgusswerkzeug nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mündung mindestens eines Angusskanals tiefer liegt als die Oberfläche der in dem Werkzeug zu formenden Kontaktplatte. 30
19. Kontaktplatte nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** am Plattenrand mindestens eine Ausbuchtung (31) als Hilfsfläche (32) für die Positionierung von Angusskanälen vorgesehen ist. 35
20. Kontaktplatte nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle quer zur Plattenebene verlaufenden Flächen (20, 33, 34, 35) eine Neigung von 0,5 bis 30° relativ zur Senkrechten zur Plattenoberfläche aufweisen. 40
21. Spritzgusswerkzeug zur Herstellung einer Kontaktplatte für eine elektrochemische Zelle nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** für die Entformung auf dem Grund der Dichtungsnuten (27) angreifende Auswerferstifte (37) vorgesehen sind. 45
22. Spritzgusswerkzeug für die Herstellung einer Kontaktplatte für eine elektrochemische Zelle nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** für die Entformung die Kontaktplatte hinterfassende Rechteckauswerfer (38) mit an der Stirnfläche (33) der Kontaktplatte über die Trennebene der beiden Werkzeughälften hinausragenden Aussparungen vorgesehen sind. 50
23. Spritzgusswerkzeug für die Herstellung einer Kontaktplatte für eine elektrochemische Zelle nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** für die Entformung Pressluftauswerfer vorgesehen sind und die Mündungen der Pressluftkanäle (40) auf den Grundflächen (19) der Strömungswege (17) der Medienverteilstruktur (12,13) liegen. 55
24. Kontaktplatte nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Thermoplast Polypropylen ist.
25. Kontaktplatte nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Masseanteil des Graphits mindestens 86 Masse % beträgt.
26. Kontaktplatte nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** nur eine Oberfläche der Platte mit einer Medienverteilstruktur versehen ist.
27. Kontaktplatte nach Anspruch 26, wobei die Platte eine Endplatte eines Stapel elektrochemischer Zellen (1) ist.
28. Kontaktplatte nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** beide Oberflächen der Platte mit einer Medienverteilstruktur versehen sind.
29. Kontaktplatte nach Anspruch 28, wobei die Stärke der Kontaktplatte zwischen den Grundflächen (19) der Strömungswege (17) der Medienverteilstruktur auf der ersten Oberfläche der Platte und den Grundflächen (19) der Strömungswege (17) der Medienverteilstruktur auf der entgegengesetzten Oberfläche der Platte mindestens 0,8 mm beträgt.
30. Kontaktplatte nach Anspruch 28, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Medienverteilstruktur (12) auf der ersten Oberfläche der Platte zur Verteilung eines an der Anode (2) reagierenden Mediums dient und die Medienverteilstruktur (13) auf der entgegengesetzten Oberfläche der Platte der Verteilung eines an der Kathode (3) reagierenden Mediums dient.
31. Kontaktplatte nach Anspruch 28, wobei die Platte eine Bipolarplatte (7) in einem Stapel elektrochemischer Zellen (1) ist.
32. Kontaktplatte nach Anspruch 28, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Medienverteilstruktur (12, 13) auf der ersten Oberfläche der Platte zur Verteilung eines an einer der Elektroden (2, 3) reagierenden Mediums dient und die Medienverteilstruktur (49) auf der entgegengesetzten Oberfläche der Platte der Verteilung eines Kühlmittels dient.
33. Verbund aus einer Kontaktplatte (7a) nach Anspruch 32 und einer Kontaktplatte (7b) nach An-

spruch 26, wobei die mit der Kühlmittelverteilstuktur (49) versehene Oberfläche der ersten Kontaktplatte (7a) an die keine Medienverteilstuktur enthaltende Oberfläche der zweiten Kontaktplatte (7b) angrenzt.

34. Verbund aus zwei Kontaktplatten (7a, 7b) nach Anspruch 32, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden mit der Kühlmittelverteilstuktur versehenen Plattenoberflächen aneinander grenzen und dass die Kanäle der Kühlmittelverteilstrukturen (49) in den Teilplatten (7a, 7b) spiegelbildlich ausgebildet sind, so dass die einander gegenüber liegenden Kanäle in den Teilplatten (7a, 7b) die Kühlmittelverteilstuktur bilden.

35. Verbund nach Anspruch 33 oder 34, wobei der Verbund der Platten (7a, 7b) ein Kühlplattenverbund in einem Stapel elektrochemischer Zellen (1) ist.

36. Kontaktplatte nach Anspruch 1 zur Verwendung als Endplatte, Bipolarplatte (7) oder in einem Kühlplattenverbund (7a, 7b) in einem Stapel von Brennstoffzellen (1) des Typs Polymerelektrolyt-Brennstoffzelle.

37. Kontaktplatte für elektrochemische Zellen bestehend aus einem leitfähigen Bereich (42) mit einer Durchgangsleitfähigkeit von mindestens 20 S/cm aus einem Kunststoff-Graphit-Verbundwerkstoff und einem an den leitfähigen Bereich anschließenden nicht leitfähigen Randbereich (43), **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eines der Funktionselemente

- Durchbrüche (24) für die Zuführwege (8, 10) und die Abfuhrwege (9, 11) der an den Elektroden (2, 3) der elektrochemischen Zelle (1) reagierenden Medien,
- Verbindungen (14, 15) der Medienverteilstuktur (12, 13) auf der Plattenoberfläche mit dem Zuführweg (8, 10) und dem Abfuhrweg (9, 11) eines an der an die Platte angrenzenden Elektrode (2, 3) reagierenden Mediums,
- Dichtungsnuten (27, 48a, 51a, 51b),
- eine Dichtungsfunktion erfüllende Elemente (46, 47)

in den nicht leitfähigen Randbereich (43) integriert ist und

die Platte aus dem leitfähigen Bereich (42) und dem nicht leitfähigen Randbereich (43) in einem Werkzeug im Spritzgussverfahren mittels Mehrkomponenten-Technik herstellbar ist.

38. Kontaktplatte nach Anspruch 37, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Randbereich (43) aus nicht leitfähigem Material als den leitfähigen Bereich (42) vollständig umschließender Rahmen ausgebildet ist, wobei die Breite (b) des Rahmens an den verschiedenen Seiten gleich ausgebildet ist:

39. Kontaktplatte nach Anspruch 37, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Randbereich (43) aus nicht leitfähigem Material als den leitfähigen Bereich (42) vollständig umschließender Rahmen ausgebildet ist, wobei die Breite (b) des Rahmens an den verschiedenen Seiten verschieden ausgebildet ist.

40. Kontaktplatte nach Anspruch 37, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Randbereich (43) aus einem nicht leitfähigen Material den leitfähigen Bereich (42) nicht vollständig umschließt.

41. Kontaktplatte nach Anspruch 37, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen den Werkstoffen der Bereiche (42) und (43) eine stoffschlüssige Verbindung besteht.

42. Platte nach Anspruch 37, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen den Bereichen (42) und (43) Verzahnungen, Verteilungen oder ineinandergreifende Strukturen (44, 45) ausgebildet sind.

43. Kontaktplatte nach Anspruch 37, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rahmen (43) aus einem Elastomer besteht und soweit über die Plattenoberfläche übersteht, dass er im zusammengepressten Zustand im Zusammenwirken mit dem ebenso ausgebildeten Rahmen der folgenden Kontaktplatte die Membran-Elektroden-Einheit vollständig umschließt.

44. Kontaktplatte nach Anspruch 37, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rahmen (43) auf einer Oberfläche mit einem umlaufenden Feder (46) und auf der rückwärtigen Oberfläche mit einer umlaufenden Nut (47) versehen ist, so dass beim Zusammenpressen mehrerer Zellen in einem Zellenstapel die Federn (46) und Nuten (47) der aufeinanderfolgenden Rahmen (43) als Nut-Feder-Verbindung ineinander greifen.

45. Kontaktplatte nach Anspruch 44, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Nut (47) zusätzlich einen eingelegten Dichtungstreifen enthält.

46. Kontaktplatte nach Anspruch 1 oder 37, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Platte eine aufgespritzte Dichtung enthält.

47. Kontaktplatte nach Anspruch 46, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen der Elektrolytmembran

(4) und der Plattenoberfläche liegende Dichtungen (48) als Flachdichtungen ausgebildet sind.

48. Kühlplattenverbund nach Anspruch 33 oder 34, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zwischen den Platten liegende Dichtung (50) von in den aneinander grenzenden Platten (7a, 7b) vorgesehenen miteinander kooperierenden Dichtungsnuten (51a, 51b) aufgenommen wird.

10

49. Kontaktplatte nach Anspruch 6 oder 37, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dichtungsnuten (27, 48a, 51b) breiter sind als die von ihnen aufzunehmenden Dichtungen (48, 50) im nicht zusammengepressten Zustand.

15

50. Verfahren zur Herstellung einer Kontaktplatte für eine elektrochemische Zelle nach einem der vorigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet dass** von der Oberfläche des leitfähigen Bereichs (42) eine maximal 30 µm dicke Schicht durch Behandlung mit einem Abrasiv abgetragen wird.

20

25

30

35

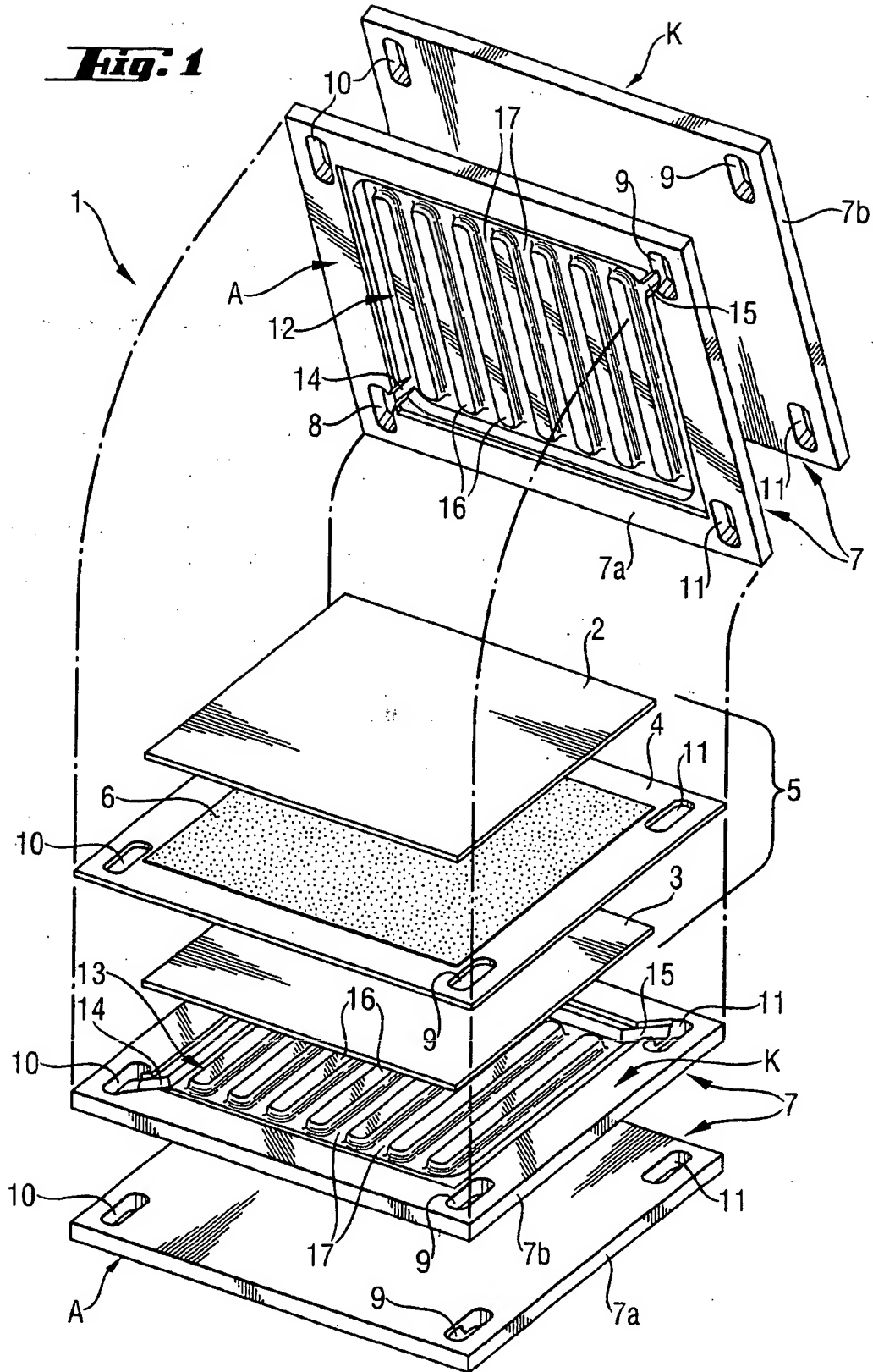
40

45

50

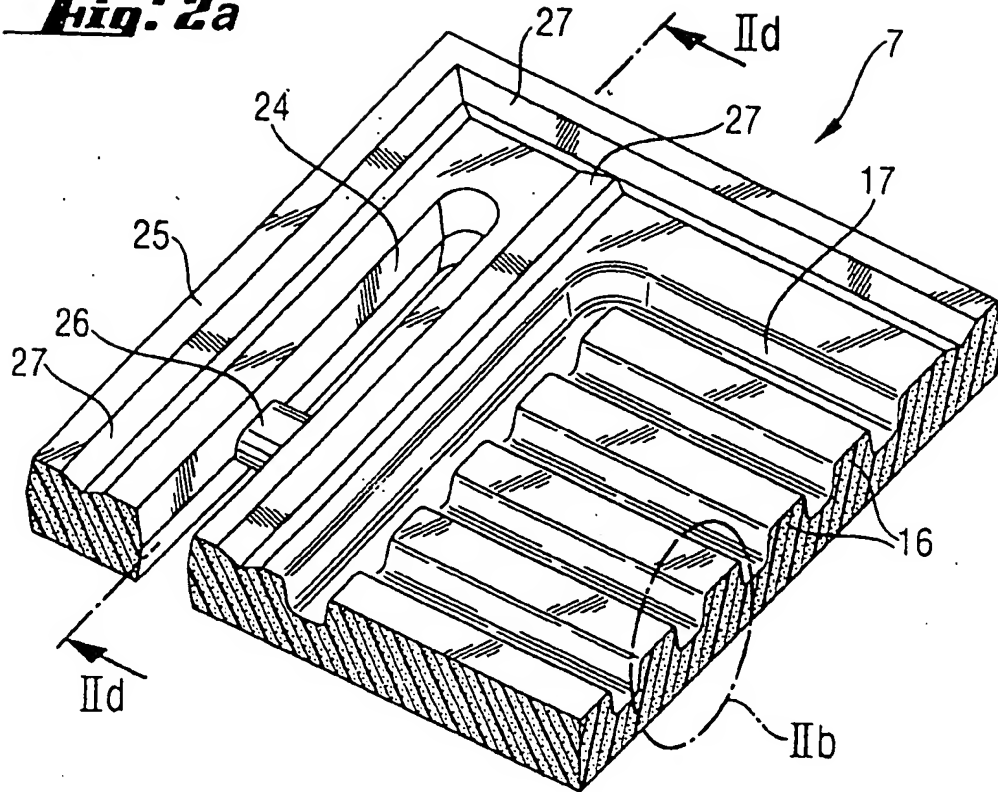
55

**Fig. 1**

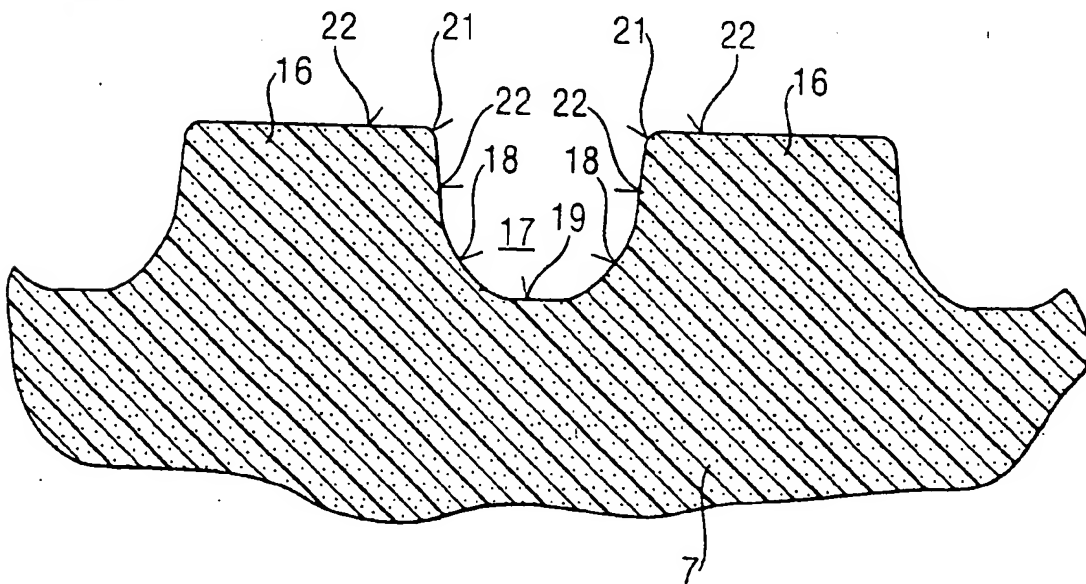




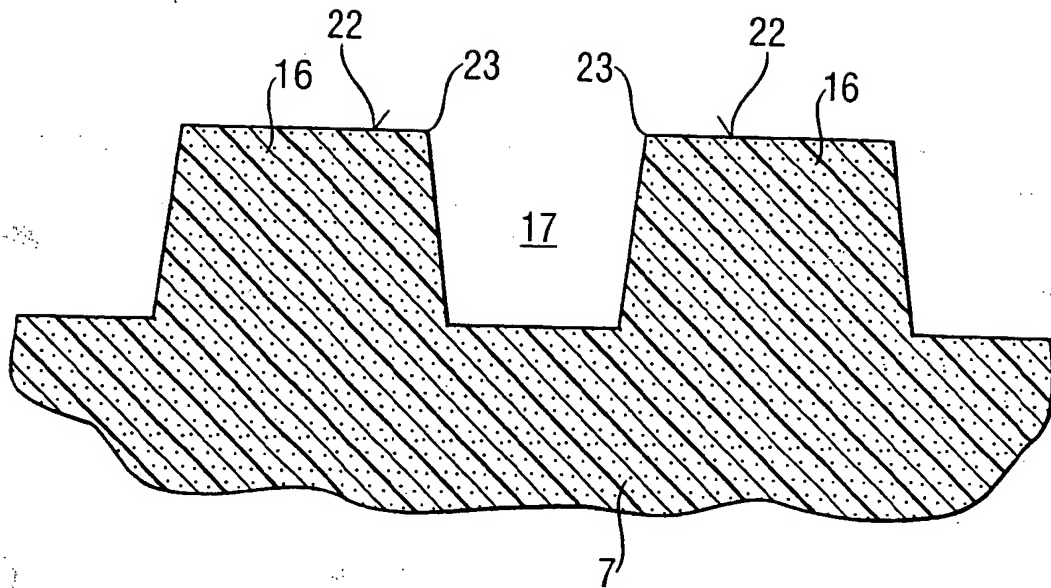
**Fig. 2a**



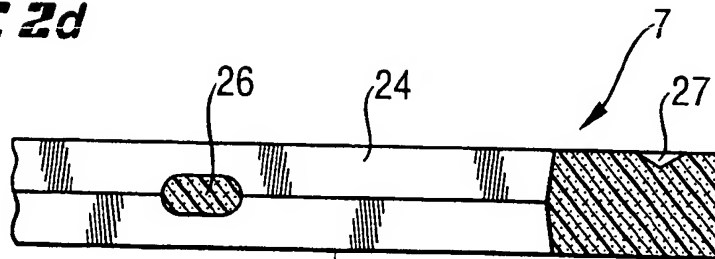
**Fig. 2b**

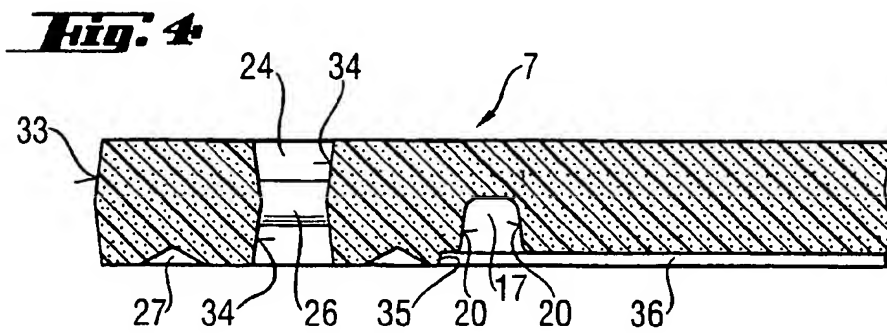
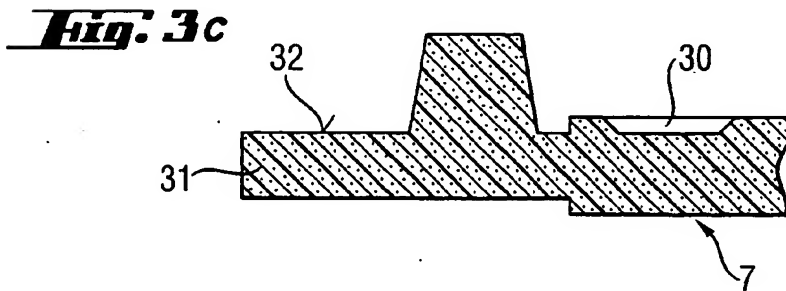
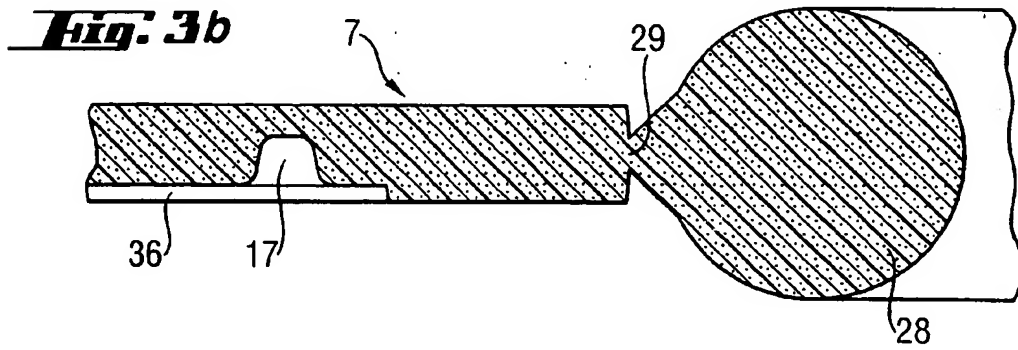
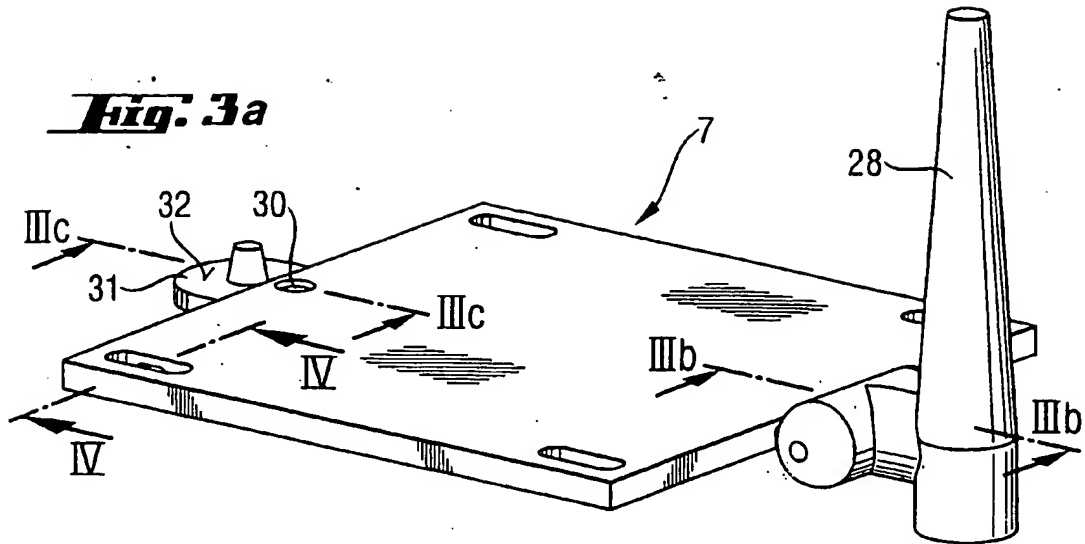


**Fig. 2c**

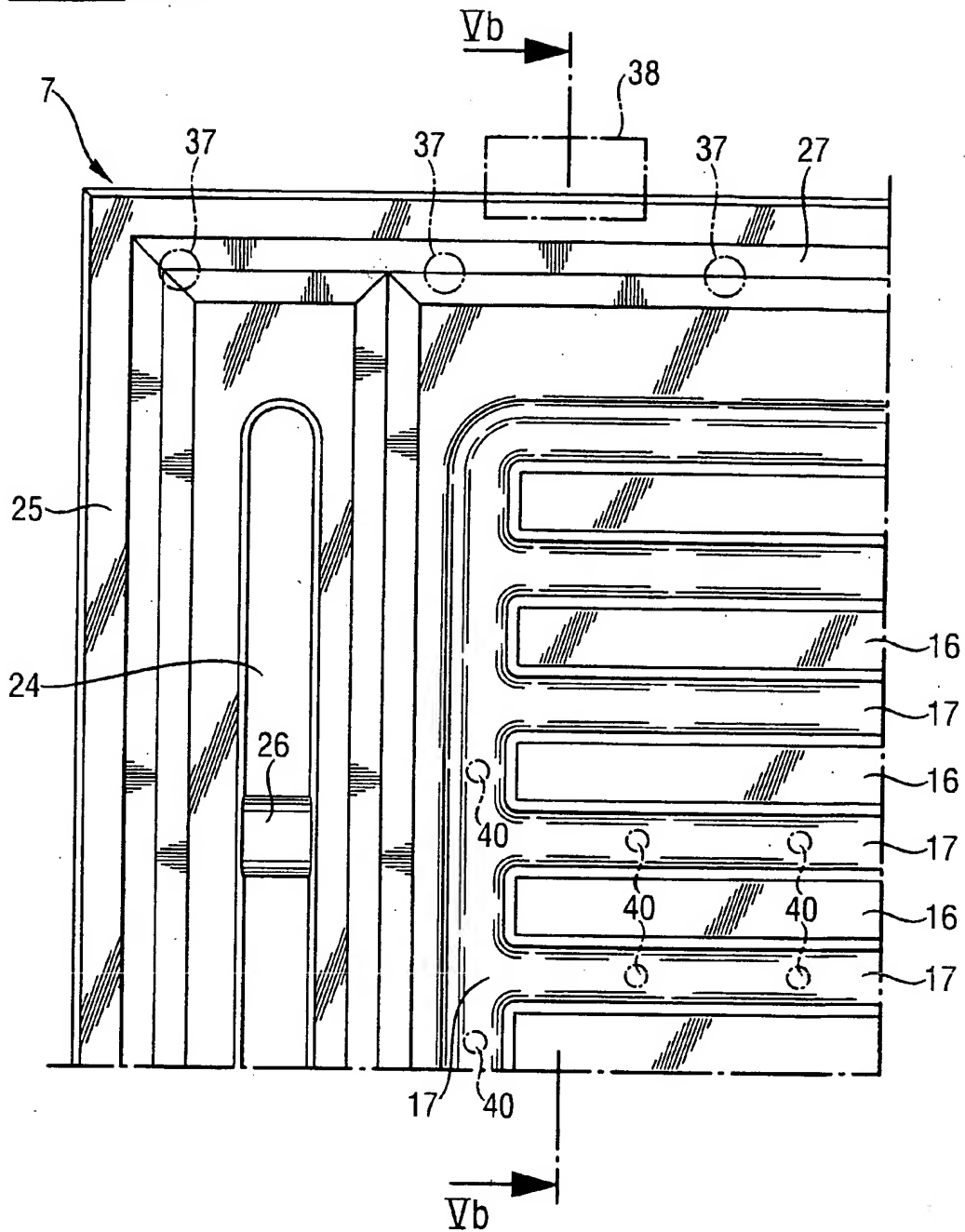


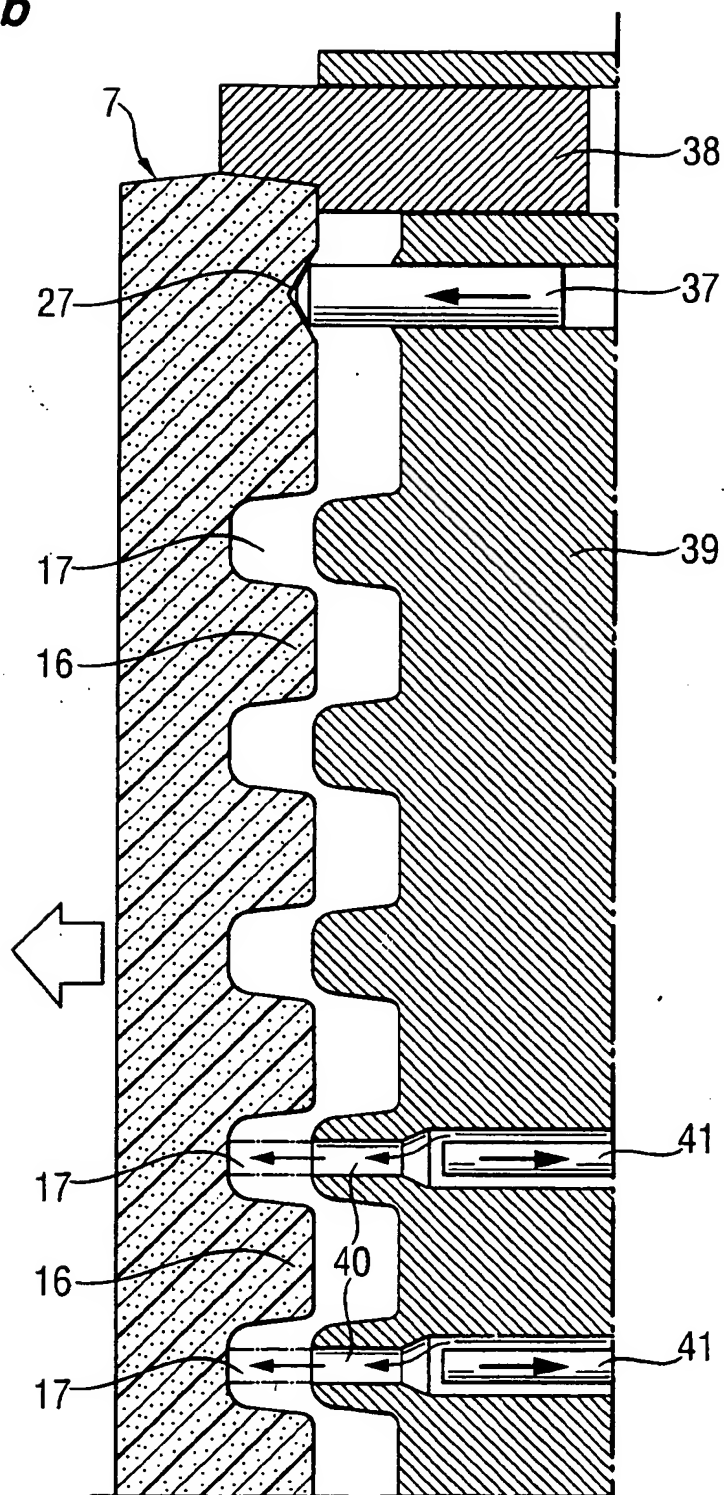
**Fig. 2d**



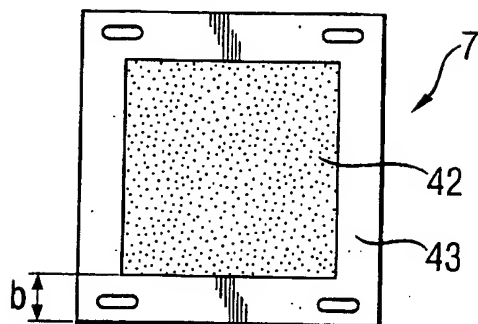


**Fig. 5a**

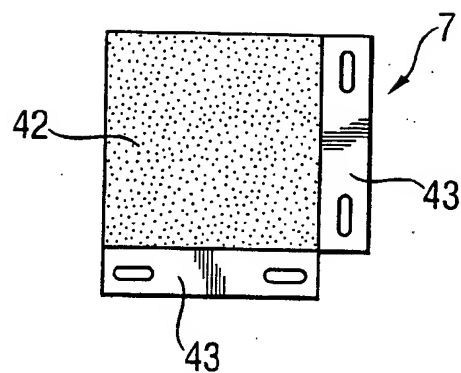


**Fig. 5b**

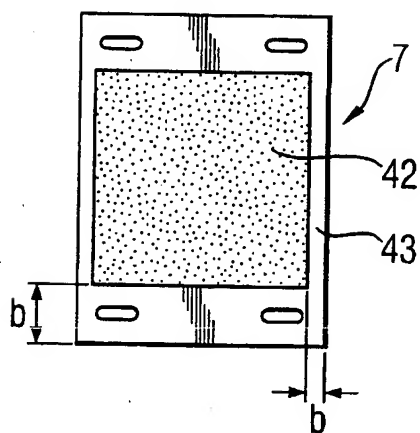
**Fig. 6a**



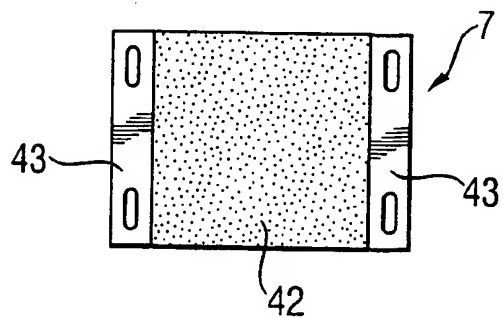
**Fig. 6c**



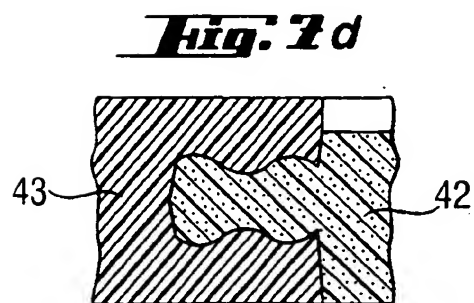
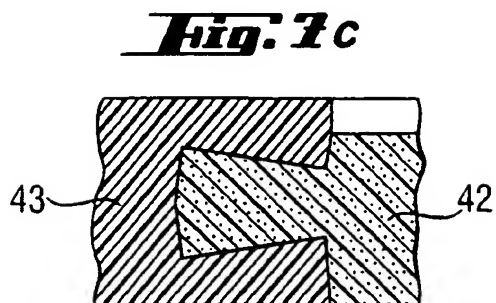
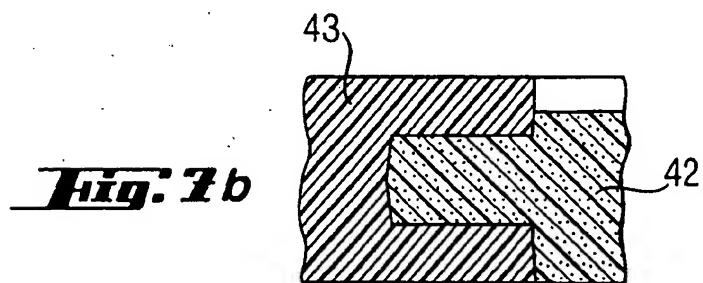
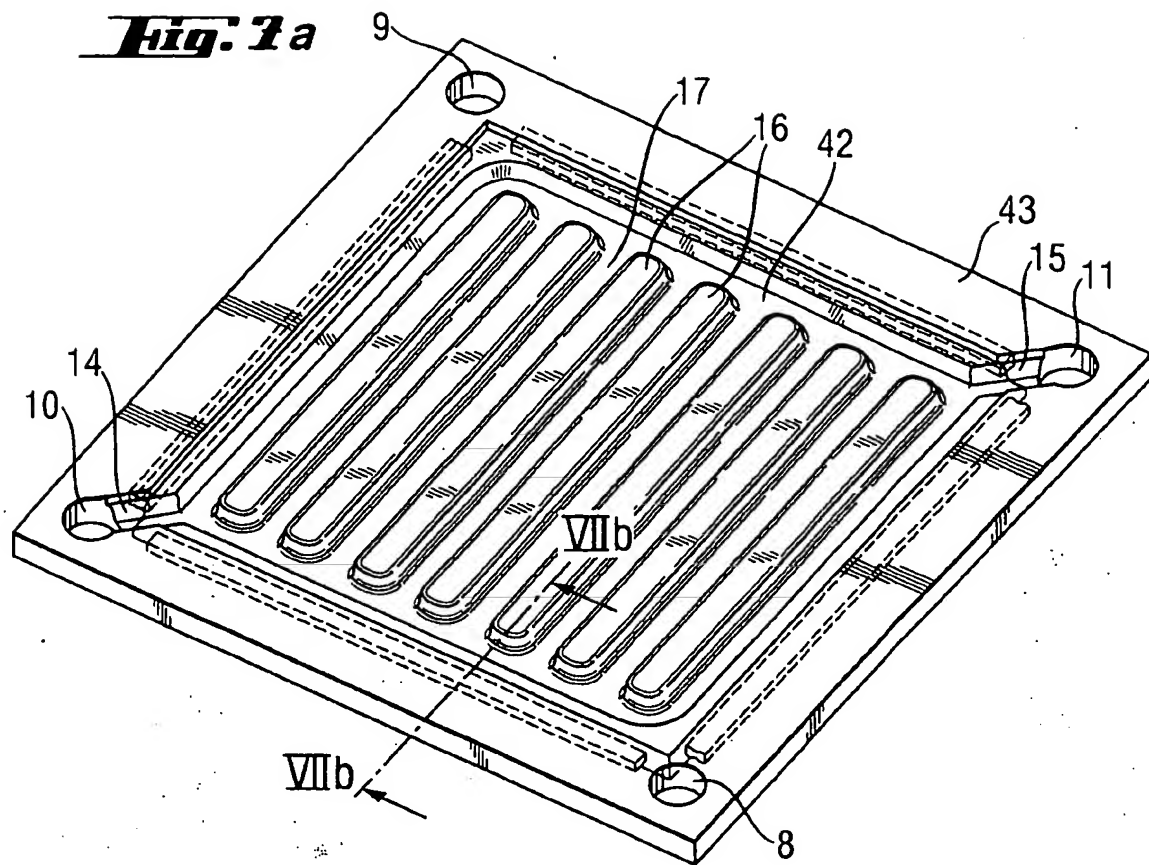
**Fig. 6b**



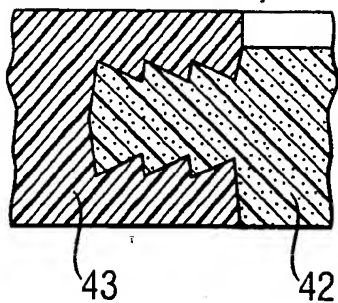
**Fig. 6d**



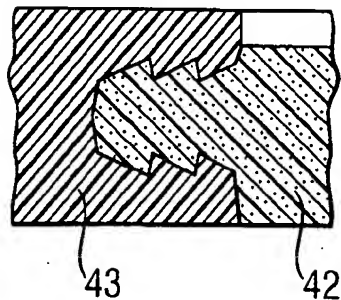




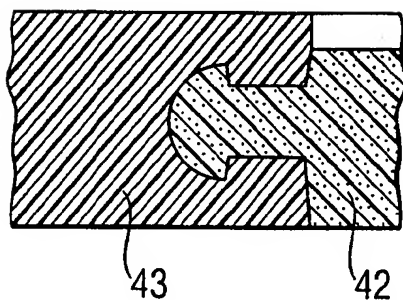
***Fig. 7e***



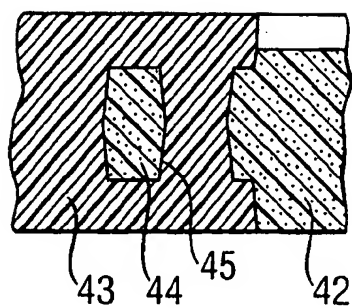
***Fig. 7f***



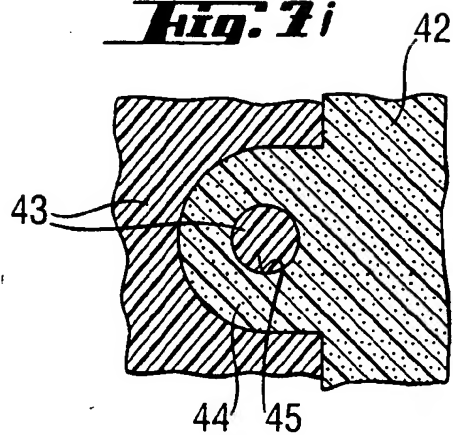
***Fig. 7g***



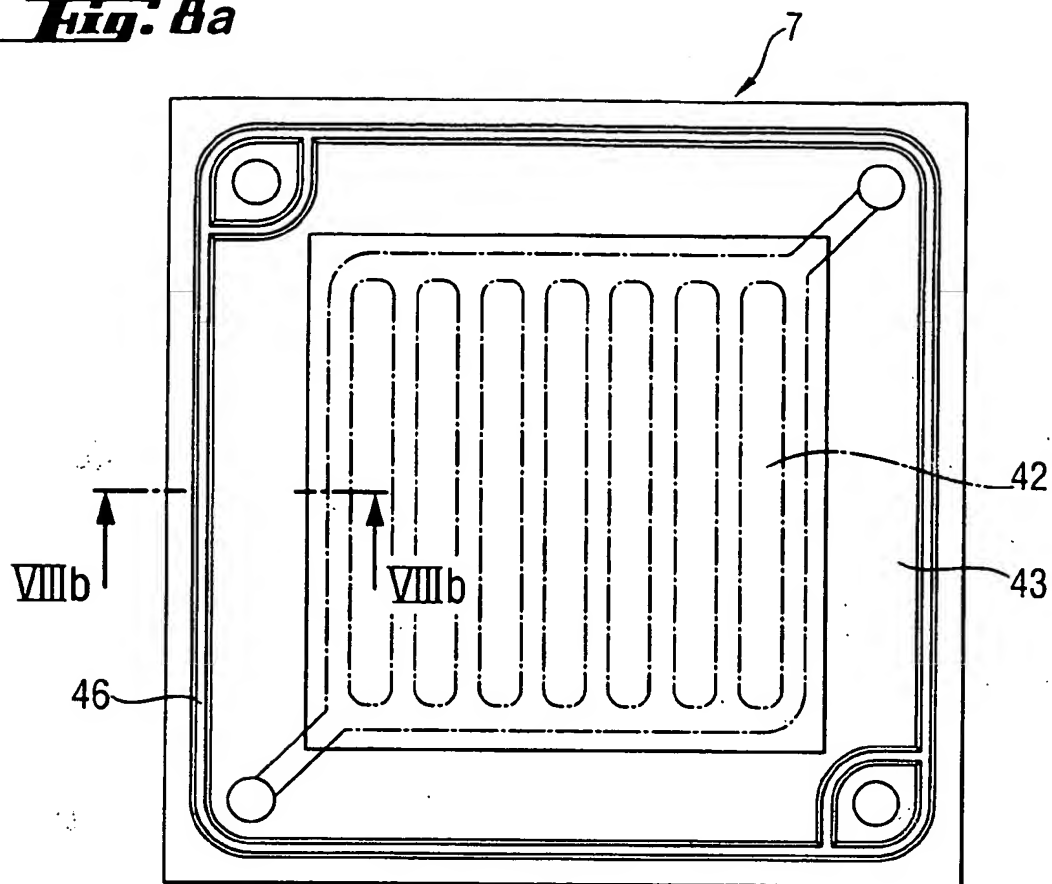
***Fig. 7h***



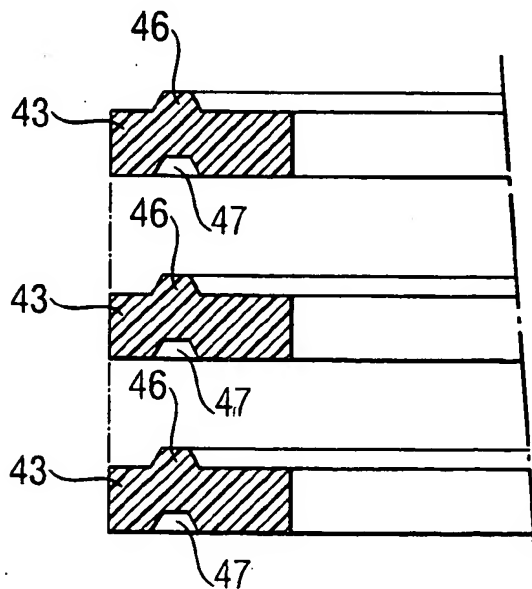
***Fig. 7i***



**Fig. 8a**



**Fig. 8b**



**Fig. 9**

